



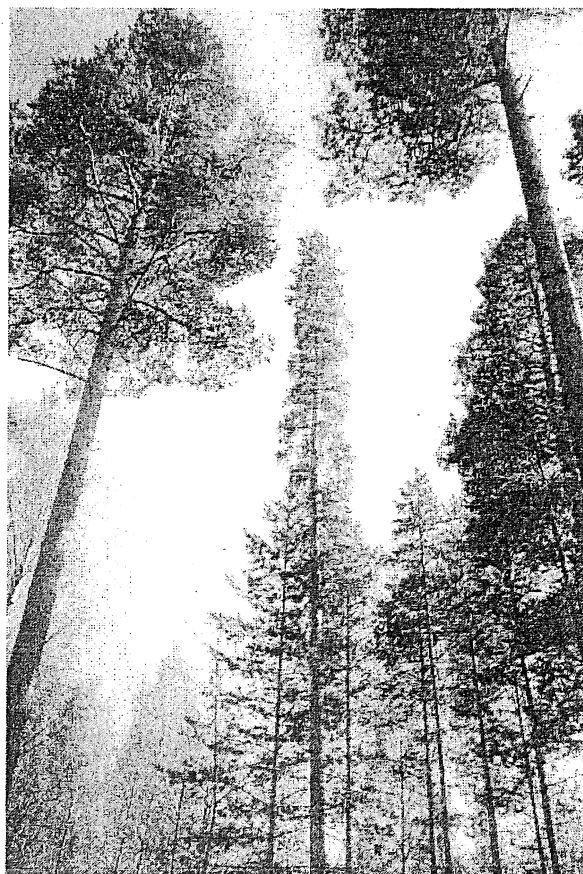
Kalibrering av ståndortsindex i ett beståndsregister

-en studie åt Holmen Skog AB

Calibration of site quality index in a stand register

- a studie for Holmen Skog AB

Erik Anerud



Arbetsrapport 105 2003

SVERIGESLANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR--105--SE



Kalibrering av ståndortsindex i ett beståndsregister

-en studie åt Holmen Skog AB

Calibration of site quality index in a stand register

- a studie for Holmen Skog AB

Erik Anerud

Arbetsrapport 105 2003

**Examensarbete på skogsvetarprogrammet i
ämnet skoglig planering**

Handledare: Sören Holm, SLU

SVERIGESLANTBRUKSUNIVERSITET
Institutionen för skoglig resurshushållning
och geomatik
S-901 83 UMEÅ
Tfn: 090-786 58 25 Fax: 090-77 81 16

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG--AR--105--SE

Förord

Denna studie har genomförts som ett examensarbete vid avdelningen för skoglig resurshushållning och geomatik vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Arbetet omfattar 20 högskolepoäng på D- nivå och ingår som en avslutande del i studierna vid Skogsvetarprogrammet. Syftet med examensarbetet är att studenten självständigt skall tillämpa de kunskaper som denne förvärvat under sin utbildning och genomföra ett fördjupande projekt inom (ett) valfritt område.

Uppdragsgivare och finansiär för arbetet har varit Holmen Skog AB.

Jag vill framförallt tacka mina handledare universitetslektor Sören Holm vid avdelningen för skoglig resurs hushållning och geomatik vid Sveriges Lantbruksuniversitet som bistått mig med ovärderlig hjälp under arbetets gång och då främst det statistiska inslaget. Stort tack också till Ingmar Östman vid Holmen Skogs skogsvårdsavdelning för det insamlade materialet och Mats Högström vid avdelningen för skoglig resurs hushållning och geomatik vid Sveriges Lantbruksuniversitet som hjälpt mig vid framtagandet av data.

Umeå januari 2003

Erik Anerud

Abstract

The main objective of this study is to calibrate (adjust) the site quality index SIS, which is given by site property variables, with respect to the site quality index SIH, which is based on height and age of dominant trees. The SIH is considered as the most accurate indicator of site quality, but can only be applied under a set of restrictions, while SIS can be applied everywhere.

The material in the study consists of survey data collected by Holmen Skog AB in the year 2000. For a total of 700 sample plots both SIS and SIH were measured. The plots were divided into eight geographical districts, ranging from Norrköping to Lycksele, and into Scots pine (*Pinus sylvestris*) and Norway spruce (*Picea abies*) as dominating species.

The objective of the calibration is to estimate the value of SIH, given SIS and other site (and stand) variables. Now SIS is a function of site variables and not to confound the effects of site variables used for calibration purposes with their effects on the determination of SIS the difference $SIH - SIS$ was calibrated. The calibration was made by means of a function f of site (and stand) property variables, estimated by regression analysis with $SIH - SIS$ as dependent variable.

By applying the estimated function f , the values of SIS are calibrated through

Estimated SIH = Calibrated SIS = Measured SIS + Estimated f (site variables)

The function f was first estimated by using the entire data set, one function per species. In a second step the need for local calibration was tested, using the estimated global function f as a variable in a linear regression model, each district separately.

The study showed that SIS generally underestimated the SIH in the material, but of a magnitude depending on site on stand properties.

For Scots pine the variables “stand age (brh) if age ≥ 50 years”, “Peat land (indicator)”, “Latitude” and “Altitude” entered the final function f . For one district a local second-step calibration was needed.

For Norway spruce the corresponding variables were “Stand age”, “North of latitude 61°” and “Altitude if south of latitude 61°”. No need for local calibration was found.

In both cases the estimated standard deviation about the function f was in line with the values of the original construction of SIS.

Since SIS and SIH showed a systematic difference, sometimes of important magnitude, it is recommended for Holmen Skog AB to calibrate the SIS value.

Sammanfattning

Huvudsyftet med denna studie har varit att kalibrera (justera) ståndortsindex skattat med SIS, vilken är en funktion av ståndortsfaktorer, med avseende på ståndortsindex skattat med SIH, vilken är baserad på den aritmetiska medelhöjden och brösthöjdsåldern för de två grövsta träden på en cirkelprovyta med 10 meters radie. SIH anses vara den metod som ger det mest rättvisande ståndortsindexet, men den kan endast användas då provytan uppfyller en rad krav, medan SIS kan användas överallt

Materialet i studien består av insamlat data från Holmen Skogs företagstaxering år 2000. För 700 provytor skattades ståndortsindex med både SIH och SIS. Det insamlade datamaterialet delades därefter in i åtta olika geografiska område, från Norrköping till Lycksele och för de olika trädslagen tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*).

Huvudsyftet med kalibreringen har varit att skatta värdet på SIH givet att man vet värdet på SIS och andra ståndorts- och beståndsegenskaper. Eftersom SIS i sig är en funktion av ståndortsvariabler och för att tillse att informationen tillfullo utnyttjas har differensen mellan SIH och SIS beräknats. Kalibreringen utgjordes av en funktion f , där ståndorts- och beståndsvariabler utgjorde de oberoende variablerna och $SIH - SIS$ den beroende.

Genom att lägga till det skattade värdet på funktionen f , blir värdet av SIS det kalibrerade genom

Skattat värde på SIH = kalibrerat SIS = uppmätt SIS + skattade funktionen f av ståndortsvariabler.

Funktionen f skattades först genom att använda hela det trädslagsvisa datamaterialet. I ett andra steg prövades om en lokal justering behövdes, genom att använda den skattade funktionen f som en variabel i en linjär regressions modell, varje område för sig.

Studien visade att SIS generellt underskattade värdet på SIH i materialet, men med en storlek som beror på ståndorts- och beståndsvärden.

För tall ingick de förklarandevariablerna "brösthöjdsålder om brösthöjdsålder ≥ 50 år", "torvmark", "latitud" och "höjd över havet" i funktionen f . För ett område krävdes en lokal justering enligt steg två.

För gran ingick de förklarandevariablerna "beståndsålder", "norr om latitud 61°" och "höjd över havet om provytan belägen söder om latitud 61°". Någon lokal justering för något område ansågs inte vara nödvändig.

I båda fallen var den skattade standardavvikelsen kring funktionen i nivå med de värden som originalkonstruktionen av SIS.

Eftersom SIS och SIH visade en systematisk skillnad, rekommenderas Holmen Skog AB att kalibrera värdet på SIS.

Innehållsförteckning

<i>Förord</i>	3
<i>Abstract</i>	5
<i>Sammanfattning</i>	7
<i>Innehållsförteckning</i>	9
<i>1. Inledning</i>	11
1.1 Bakgrund	11
1.2 Syfte	11
<i>2. Skogshögskolans boniteringssystem</i>	13
2.1 Skattning enligt SIH – systemet	13
2.2 Skattning enligt SIS – systemet	14
2.3 Tidigare undersökningar rörande skattning av ståndortsindex	19
<i>3. Material och metoder</i>	21
3.1 Material	21
3.3 Teori	21
3.4 Metodik	24
3.5 Lokala anpassningar	28
<i>4. Resultat</i>	29
4.1 Resultat för tall	29
4.2 Resultat för gran	31
<i>5. Effekter av fel i samband med ståndortsindex</i>	33
5.1 Bakgrund	33
5.2 Ett fältmässigt skattningsfels påverkan vid beräkning av ståndortsindex ...	33
5.3 Ett felaktigt ståndortsindex effekt på komponenter som ingår vid planering och beslut	35
<i>6. Diskussion</i>	39
6.1 Inventeringen	39
6.2 Användningen av Ståndortsindex	39
6.3 Resultatet av kalibreringen	39
6.4 Effekter av användandet av ett felaktigt ståndortsindex	40
6.5 Slutsatser	41
<i>7. Referenslitteratur</i>	43
<i>8. Appendix</i>	45

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Med ståndortens bonitet avses ståndortens naturgivna förmåga att producera virke, mätt i m^3sk per ha och år. Boniteten som sådan är omätbar och i stället används någon form av så kallat ståndortsindex som indikator. Ståndortsindex, SI, kan antingen baseras på ståndortsegenskaper (SIS), sambandet mellan övrehöjd och ålder hos det befintliga beståndet (SIH), eller med hjälp av höjdintercept (SII).

Förutom att tjäna som indikatorer på boniteten används SI även för många andra ändamål. Variabeln förekommer i olika funktioner, exempelvis tillväxtfunktioner, som används för skattning av beståndets framtida utveckling. Variabeln används även som underlag i samband med avverkningsbeslut och är av avgörande vikt vid bestämning av lägsta slutavverkningsålder enligt Skogsvårdslagen § 10 och Skogsvårdsförordningen § 11. Ståndortsindex är också avgörande för det lägsta antalet huvudplanter som skall finnas per hektar vid senaste tidpunkt för hjälp plantering enligt Skogsstyrelsens föreskrifter, Skogsvårdsförordningen § 7. 2 st. Ståndortsindex är med andra ord en väsentlig variabel för planeringen, både för den strategiska, långsiktiga (avverkningsberäkningar) och den taktiska/operativa (beslut om utförande av gallring och slutavverkning).

Som nämnts ovan finns olika alternativa metoder att bestämma ståndortsindex (SI), antingen med hjälp av ståndortsegenskaper (SIS), intercept (SII) eller med höjdutvecklingen (SIH). För skattning av SIH behövs höjd och åldern hos de två grövsta träden på en cirkel provyta med 10 meters radie. Rent generellt kan SIH anses vara den metod som avspeglar boniteten bäst, men metoden kan endast användas på en mindre del av våra skogar. För att kunna använda sig av bonitering med SIH krävs det att provträden på beståndets provyta uppfyller en rad olika krav (Hägglund & Lundmark, 1977). Vid skattning av ståndortsindex enligt interceptmetoden krävs kännedom om den genomsnittliga längden på övrehöjdträdens fem årsskott som följer omedelbart över 2,5 meters höjd samt vissa ståndortsegenskaper. Ståndortsindex enligt ståndortsegenskaper kan användas utan krav och restriktioner. Idag skattas ståndortsindex efter den i fält mest lämpliga metoden enligt Skogshögskolans boniteringssystem (Kjellin, 2002).

Ståndortsindex för bestånden i Holmen Skogs beståndsregister SVEG är fastställda via bonitering med ståndortsegenskaper och höjdutvecklingskurvor. I de fall då båda metoderna har kunnat användas är överensstämmelsen mellan de erhållna värdena inte alltid så bra. Särskilt i yngre, kulturanlagda skogar ger SIS systematiskt lägre värden än SIH. I äldre bestånd, med naturligt uppkomna skogar är inte sällan förhållandet i stället det motsatta. Detta är ett välkänt faktum och inte något som enbart gäller Holmen Skog.

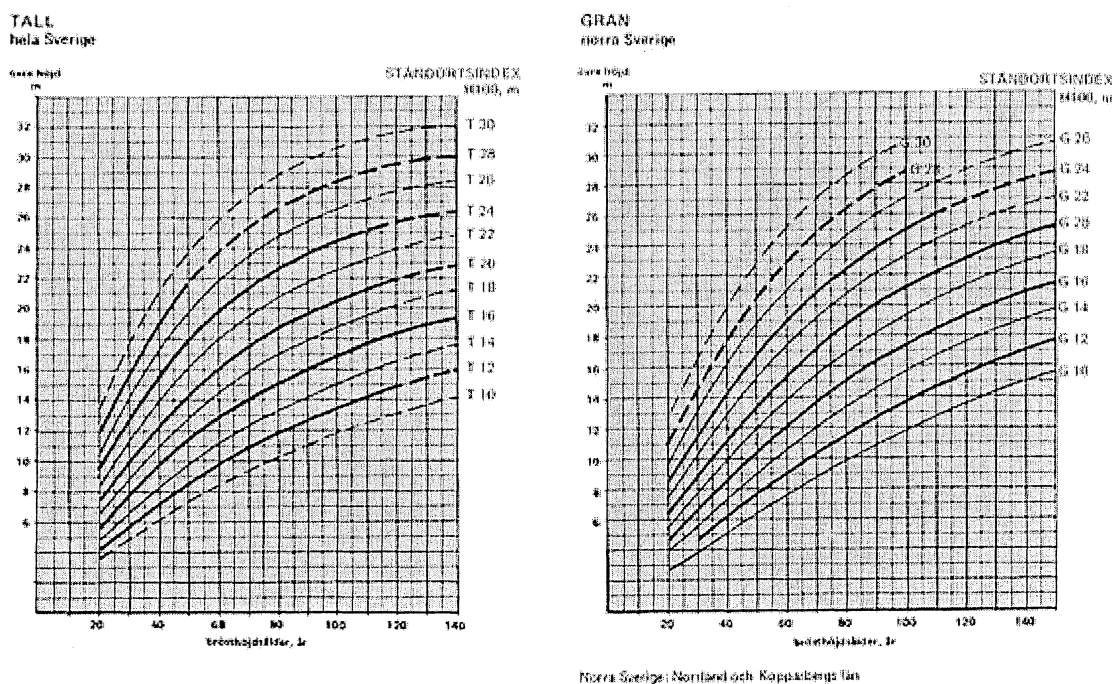
1.2 Syfte

Syftet med examensarbetet är att fastställa i vilka beståndstyper som bonitering via ståndortsegenskaper över- respektive underskattar ståndortsindex i förhållande till övre höjd och kvantifiera sådana skillnader (kalibrera), samt att utreda vilka effekter ett felaktigt SI kan ha på de olika komponenter som ingår i planering och beslut.

2. Skogshögskolans boniteringssystem

2.1 Skattning enligt SIH – systemet

Höjdtutvecklingskurvor för boniteringsändamål konstruerades under 1960- 1970-talen på dåvarande Skogshögskolan. Dessa kurvor är framställda med ledning av höjdtutvecklingen hos fällda och stamanalyserade provträd vilka vuxit under ideala förhållanden (Hägglund & Lundmark, 1977). Ursprungligen bygger SIH på en uppsättning av funktioner med vars hjälp man kan skatta beståndets övre höjd vid 100 års totalålder. För tillämpning är diagram upprättade som ger sådana skattningar givet att man känner medelhöjden och medelåldern för de två grävsta träden på en cirkelprovyta med tio meters radie.



Figur 1. Ståndortsindex med höjdtutvecklingskurvor för tall och gran
Figure 1. Site index with site curve for Scots pine and Norway spruce

Dagens höjdtutvecklingskurvor är alltså framtagna på ett sätt så att relationen mellan den aritmetiska medelhöjden för de två grävsta träden på en cirkelprovyta med tio meters radie och deras aritmetiska medelålder i brösthöjd ger SIH (Hägglund & Lundmark, 1977). För att kunna använda sig av metoden som indikator av ståndortsindex måste beståndet på provytan uppfylla ett antal krav (Hägglund & Lundmark, 1977). Uppfylls inte dessa krav ger mätningarna systematiska fel och är direkt olämpliga.

Att man i dagsläget använder sig av aritmetisk medelhöjd för de två grävsta träden istället för beståndshöjden, beror på att medelhöjden av samtliga träd är känslig för gallring. Det är då främst gallringsmetoden som påverkar beståndets medelhöjd. Orsaken till att man använder sig av brösthöjdsålder i stället för beståndsålder beror på att det blir lättare att uppskatta i fält. Tyvärr är det mycket svårt att på tillfälliga provytor avgöra om kraven på bestånd och övrehöjdsträd är uppfylla eller ej, och

svårigheten ökar dessutom med åldern (Tegnhamar, 1992). Detta beror framförallt på att beståndets tidigare historik inte alltid är känd så att t.ex. eventuella tidigare svårupptäckta toppbrott kan förekomma. De mätta värdena på brösthöjdsålder och aritmetisk medelhöjd används sedan för avläsning i höjdutvecklingskurvan för det aktuella beståndet med avseende på bonitetsvisande trädslag och geografisk placering till det aktuella ståndortsindexet (Hägglund, 1987).

2.2 Skattning enligt SIS – systemet

Ofta uppfylls inte kraven för att man ska kunna skatta ståndortsindex enligt SIH-metoden. Detta kan bero på att beståndet är för ungt, marken är kal eller att bestånden eller övrehöjdsträden inte uppfyller de andra krav som ställs på dessa. För att bestämma ståndortsindex används i dessa fall egenskaper på växtplatsen, ståndortsegenskaper, för att försöka beskriva växtplatsens bördighet. Ståndortsindex för tall och gran kan skattas med hjälp av vissa ståndortsegenskaper som temperaturklimat, tillgången på vatten i marken och utbytet av växtnäringsämnen (vegetation) på växtplatsen (Hägglund & Lundmark, 1977). För tillämpningen av SIS-metoden finns diagram och tabeller konstruerade. Ett basvärde för höjden vid 100 års ålder erhålls genom ett flödesschema där markvegetationen och andra ståndortsvariabler används. Basvärdet används därefter tillsammans med breddgrad och höjd över havet som ingångar i ett nomogram, som ger slutliga ståndortsindex enligt SIS-metoden.

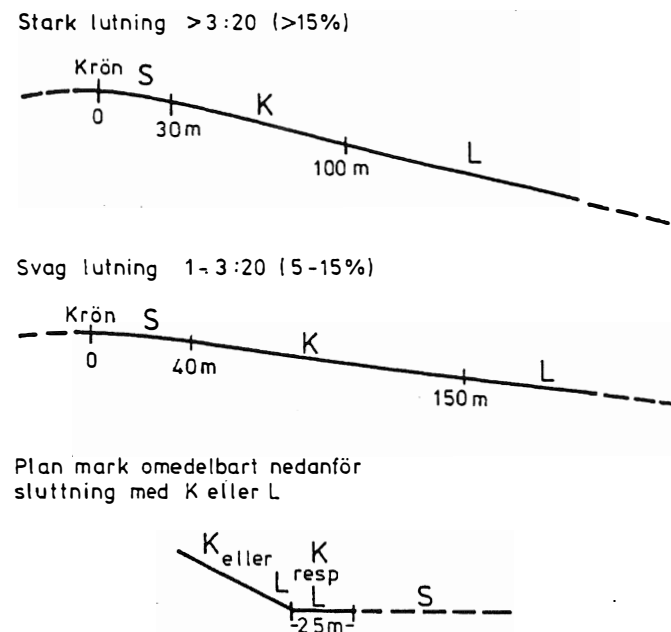
SIS är konstruerade med hjälp av riksskogstaxeringens provytor, med SIH som en beroende variabel i funktionen och med bestånds- och ståndortsvariabler som oberoende eller förklarande (Hägglund & Lundmark, 1977).

Vid framtagandet av SIS har man inte använt sig av åldern som en oberoende variabel i funktionen vilket kan speglas i den så kallade ålderstrenden (Hägglund & Lundmark, 1977). Funktionerna som är framtagna för mätning med SIS metoden har även en betydligt lägre noggrannhet än SIH (Hägglund & Lundmark, 1977).

Skogsmarkens produktionsförmåga beror i hög grad på produktionsapparatens förutsättningar d.v.s. tillgången på vatten, näring och i vilket temperaturklimat ståndorten befinner sig. Med SIS-metoden använder man dessa olika ståndortsvariabler och förklarar hur produktionen påverkas. Flera olika ståndortsvariabler kan beskriva samma grundförutsättningar, men ibland kan flera ståndortsvariabler behöva kombineras för att beskriva produktionsförutsättningarna men. Vid användning av SIS-metoden kan det uppstå problem, vid bedömningen av ståndortens egenskaper främst beroende på svårigheter att på ett rättvist sätt bedöma de ståndortsegenskaper som verkligen speglar boniteten. Nedan beskrivs de olika ståndortsvariablerna för att ge en liten större inblick.

En mycket viktig variabel för skogsmarkens produktion är mängden tillgängligt vatten inom trädens rotzon och om detta markvatten är i sidledsrörelse. Om så är fallet kan detta föra med sig lösta växtnäringsämnen som möjliggör upptagning för vegetationen längre ner i en sluttning. Att rörligt markvatten gynnar skogsproduktionen är känt och att detta särskilt gynnar ståndorter med en hög grundvattennivå nära markytan. Det rörliga markvattnet förbättrar även tillgången på syre i rotzonen vilket i synnerhet på fuktiga marker ger en bättre produktion än stillastående markvatten eftersom rottillväxten i sådana fall kan hämmas av syrebrist. Tillgången på rörligt markvatten delas in i tre klasser, saknas (S), kortvarigt (K) och långvarigt (L). Dessa bedöms med

stöd av marklutning och slutningens längd ovan provytecentrum. (Malmer & Magnusson, 1998; Hägglund & Lundmark, 1977)

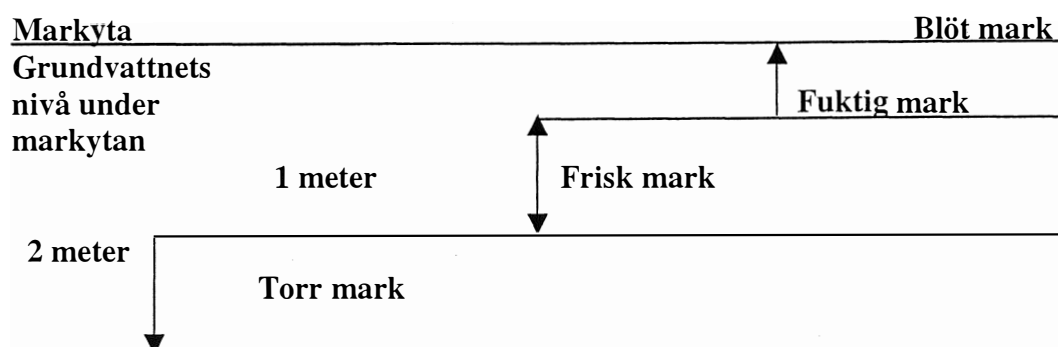


Figur 2. De olika klasserna av rörligt markvatten.
Figure 2. The different classes of mobile soil water

Ytterligare en positiv effekt som det rörliga markvattnet har är att det förlänger trädens tillväxtperiod under året tack vare en minskad tjälning.

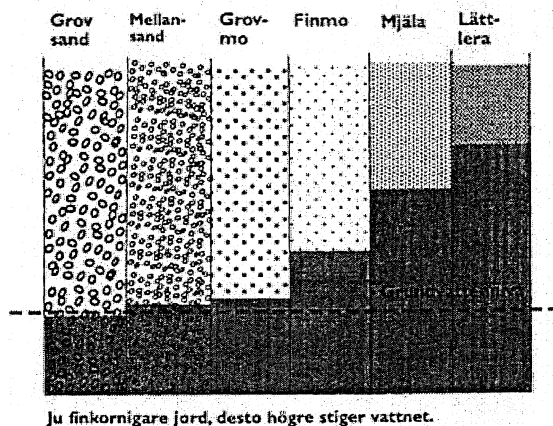
Markfuktigheten indelas i fyra olika klasser där man grovt uppskattat avståndet ner till grundvattenytans normala nivå under vegetationsperioden (Malmer & Magnusson, 1998)

1. Torr mark: grundvattenytan djupare än två meter och rörligt markvatten saknas.
2. Frisk mark: grundvattenytan på ett djup av en till två meter.
3. Fuktig mark: grundvattenytan inom en meters djup.
4. Blöt mark: grundvattenytan stadigvarande i markytan.



Figur 3. Bild på de olika fuktighetsklasserna.
Figure 3. The different classes of moisture

Jordartens textur, eller med andra ord jordens fördelning på olika partikelstorlekar kan för jordarter bestående av mineralpartiklar användas som ett mått på den relativa vattenhållande förmågan, dvs. hur mycket vatten som en jordart kan binda till sig. Vattnet binds adsorptivt vid markpartiklarnas yta och därför kan en finkornig jordart binda mer vatten än en grovkornig (Nykvist, 1998).



Figur 4. Bild på relativa vattenhållande förmågan
Figure 4. Relative water storage ability.

För att kunna bedöma jordens bördighet är det inte tillräckligt att bara känna till storleken och egenskaperna hos de enskilda jordpartiklarna utan man måste även veta strukturen eller med andra ord hur dessa partiklar är lagrade i förhållande till varandra. En finkornigare jordart har en större vattenhållande förmåga än en grövre och ett positivt inflytande på skogsproduktionen (Hägglund & Lundmark, 1977). Dock bibehåller en grövre jordart värmen bättre än en finare. De finkornigaste jordarterna har en struktur där enskilda små partiklar ligger väl lagrade vilket leder till att de grövre luftförande porerna saknas vilket är olämpligt ur växtodligssynpunkt.

Grova jordar kännetecknas av stora porer som i dränerade jordar innehåller luft medan antalet små porer där vatten binds är få. Den lämpligaste strukturen är en blandning av sammankittade finkorniga mineralpartiklar och organiskt material. I dessa kan luft komma ner i jorden och vatten kan bindas mellan de sammankittade finkorniga mineralpartiklarna. En blandning av grovmo och finmo innehåller såväl grövre som finare porer och är därför en bra jordart eftersom fördelningen av luft och vattenfyllda porer är gynnsam. Om det istället för fastmark skulle förekomma torvjord med en tjocklek över 30 cm på hela provytan klassas denna som torvmark. Produktionsförmågan är klart lägre på torvmark än på fast mark (Hägglund & Lundmark, 1977).

Utbytet av växtnäringsämnen i marken beror på många ståndortsegenskaper men vegetationstypen speglar den genomsnittliga tillgången på växtnäringsämnen inom ytan. En större andel av näringskrävande arter indikerar en högre näringshalt i marken, vilket utvisar att ståndorten har en högre bonitet. Ett antal vegetationsklasser kan identifieras efter de arter som växer på provytan. Klasserna indelas efter växternas krav på näringsämnen (Hägglund & Lundmark, 1977).

Rent allmänt används funktionen $4835 - 57.6 * \text{Latitud} - 0.9 * \text{Höjd över havet}$ för den icke korrigerade temperatursumman (Lundmark, 1988).

Provytans geografiska läge, latitud eller X enligt rikets nät (RT 90) samt höjd över havet indikerar provytans bördighet beroende på dess temperaturklimat. Breddgraden kan även i grova drag beskriva variationen i ljusklimatet. I extremt kyliga klimatlägen blir temperaturklimatets effekter extra tydliga varför en extra reduktion av ståndortsindex kan vara nödvändig.

För detta arbete har vid beräkningen av höjd över havet och latitud först höjd över havet beräknats i arcwiev med utgångspunkt av X- och Y-koordinater enligt rikets nät. Därefter är dessa värden konverterade till latitud, longitud och höjd över havet enligt detta system. Att det uppstår en skillnad mellan höjd över havet enligt rikets nät och höjd över havet framtaget med latitud och longitud beror på att olika elipsoida former används vid beräkningarna (Dettki, 2002). Detta medför ingen skillnad för resultatet mellan de olika provytorna då alla höjder korrigeras på samma sätt..

En annan viktig klimatfaktor för skogstillväxten är den del av nederbörden som faller under vegetationsperioden efter hänsyn till avdunstning vilket, uttrycks som humiditeten. Humiditeten påverkar ståndortens vattenbalans, jordmånsbildning och de därmed sammanhängande produktionsförutsättningarna (Lundmark 1988). Med ledning av humiditetstalet, mätt i mm, indelas landet i olika klimatregioner. Variationerna i nederbörd kan vara mycket stora inom samma område från år till år.

Det atmosfäriska nedfallet av olika kemiska föreningar påverkar både mark och vegetationen och bör därför utgöra en faktor vid bedömandet av markens naturgivna förmåga att producera virke. Luftföroreningarnas storlek och sammansättning varierar kraftigt både med avseende på sammansättning och storlek och avtar mot norr och öster. Stora lokala skillnader förekommer men tyvärr saknas data för detta varför denna variabel inte kunnat användas i studien.

Andra faktorer som påverkar lokalklimatet i beståndet är vindexponering, lutning, väderstreck och frostrisken under vegetationsperioden. Vindexponeringen och vindens huvudsakliga riktning spelar en stor roll för nederbördsmängden (Enström, 1997). Lutningen påverkar mängden tillgänglig energi som kan tillgodogöras på grund av instrålningen samt luftens cirkulation (Lundmark, 1988). Väderstrecket påverkar även den totala mängden energi som kan tillgodogöras då syd- och sydostsluttningar blir betydligt varmare än nord- och nordostsluttningar (Lundmark, 1988). Frostrisken påverkas av skillnader i topografin vilket leder till olika stor risk under vegetationsperioden. Ståndorter som är lågt belägna och plana kan under klara och vindstilla nätter samla stora mängder kall luft (Enström, 1997).

2.3 Tidigare undersökningar rörande skattning av ståndortsindex

Lars Tegnhammar (1991) har i rapporten "Om skattning av ståndortsindex för gran" utvecklat metoder för att förbättra skattningen av ståndortsindex för gran i Skogshögskolans boniteringssystem. I rapporten har bestånd där boniteten bestämts med höjdutvecklingskurvor studerats. Ett av de största problemen som tas upp i rapporten är att SIH-metoden ger ett med tiden avtagande bonitetsvärde. Detta bör ha medfört följd effekter vid skattningen av SI med hjälp av ståndortsfaktorer (SIS), då SIH är en variabel som har använts vid framtagningen av SIS-metoden. Detta fenomen, att ståndortsindex skattat med hjälp av höjdutvecklingskurvor (SIH) avtar med beståndsåldern, brukar benämnas ålderstrenden och kan delas upp i en verklig och en skenbar del. Den verkliga komponenten beror på att bättre boniteter drivs med kortare omloppstid än bestånd som växer på sämre mark. Denna del är inget problem då SIH i den äldre skogen speglar en sämre bonitet, medan den del av ålderstrenden som brukar kallas den skenbara beror på felaktigheter i SIH-metoden eller dess praktiska användning. Den skenbara ålderstrenden medför att äldre bestånd får ett lägre medel ståndortsindex än yngre på lika ståndort. Detta kan bero på att dagens unga bestånd skiljer sig från de äldre beträffande anläggning, skötsel, genetisk förädling och skadegrad, men även på grund av att de unga bestånden levt en större del av sina liv i ett mer kväverikt nederbörds klimat. I detta arbete har dock någon justering av SIH inte gjorts. Kalibreringen av SIS har gjorts till gällande SIH. En bidragande orsak är att SI som beslutsvariabel är just gällande SIH.

3. Material och metoder

3.1 Material

Materialet till denna studie är alla de provytor som under Holmen Skog AB:s företagstaxering år 2000 dubbelboniterades dvs. de provytor som ståndortsboniterades samt boniterades med hjälp av höjdtutvecklingskurvor. Reglerna för uttagning av övrehöjdsträd och skattning av SIS eller SIH har beskrivits närmare i avsnittet 2.1, "Skattning enligt SIH-systemet".

I denna studiet är bonitetsvisande trädslag alltid tall eller gran. Inga områden med något annat bonitetsvisande trädslag har studerats.

3.2 Selektioner och bearbetningar

För att bättre anpassa materialet till kalibreringsstudien och för att kunna sortera bort eventuella ytor med uppenbara felregistreringar har vissa selektioner genomförts. Enbart de provytor där dubbelboniteringen genomfördes med hjälp av ståndortsfaktorer och höjdtutvecklingskurvor har studerats. De provytor som boniterats med interceptmetoden är alltså ej medtagna i studien. Efter dessa selektioner återstod ett totalt antal av 700 stycken provytor. Där har skillnader mellan SIS och SIH kunde konstateras.

Det insamlade materialet är fördelat på åtta olika områden, från Norrköping i söder till Lycksele i norr. Det gemensamma grundmaterialet, dvs. det sammanslagna materialet för alla områden, uppdelades inledningsvis efter bonitetsvisande trädslag så att tall och gran utgör var sitt eget material. Anledningen till att det gemensamma grundmaterialet uppdelas i trädslagsvisa material beror främst på att man boniterar efter tall eller gran. Dessutom ställer tall och gran olika krav på ståndorten och reagerar olika på ståndortens egenskaper. Inom varje område härrör SIS-värdena från flera olika förrättningsmän.

3.3 Teori

Kalibreringens mål är att skatta värdet på SIH, givet att man känner värdena på SIS samt andra bakgrundsvariabler. För detta ändamål kan regressionsanalys användas. Regressionsanalys är en statistisk metod som används för att beskriva hur det förväntade värdet av en variabel, den så kallade beroende variabeln, i detta fall SIH, beror på värdena av andra variabler, de så kallade oberoende eller förklarande variablerna, som här är SIS och olika ståndortsvariabler.

Eftersom SIS i sig är en funktion av bestånds- och ståndortsvariabler kan det vara vanskligt att använda både SIS och ståndortsvariabler som oberoende. För att se till att informationen av SIS utnyttjas till fullo, och för att tillse att resultatet blir robust, har differensen mellan SIH och SIS, benämnd DIFF använts som beroende variabel och endast ståndortsvariabler som oberoende enligt modellen

$$\text{SIH} - \text{SIS} = f(\text{ståndortsvariabler})$$

Detta innebär att värdet av funktionen f vid kalibreringen adderas till det uppmätta värdet på SIS. Endast linjära regressionsfunktioner f har prövats. Värdena på den beroende variabeln

SIH – SIS är de observerade skillnaderna på provytorna, och värdena på de oberoende variablerna utgörs av uppmätta eller bedömda ståndortsegenskaper på samma provytor.

Den statistiska modellen för linjär regressionsanalysen är

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot x_{i1} + \beta_2 \cdot x_{i2} + \dots + \beta_p \cdot x_{ip} + e_i$$

där y_i = SIH – SIS för provyta nummer i i materialet, $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip}$ är värden på p stycken ståndortsvariabler på provyta nummer i , $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ är koefficienter (konstanter) som skattas ur materialet och e_i är en slumpmässig avvikelse för provyta nummer i från det för ytan förväntade värdet (e_i är en stokastisk variabel). De slumpmässiga avvikelserna antas vara normalfördelade, ha väntevärdet 0, samma varians och vara stokastisk oberoende.

Regressionsanalysen ger alltså (skattade) värden $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_p$ på koefficienterna $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$. För en godtycklig provyta, för vilken SIH ej är uppmätt, känner vi värdena x_1, x_2, \dots, x_p på de p variablerna. Funktionen (värdet) f ovan blir då lika med

$$f = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot x_1 + \hat{\beta}_2 \cdot x_2 + \dots + \hat{\beta}_p \cdot x_p$$

Skattat SIH ges sedan av $\text{SIH} = \text{SIS} + f$

Som förklarande variabler (x_1, x_2, \dots, x_p) är man i första hand hänvisad till de variabler som finns registrerade. Man kan dock av dessa bilda nya variabler, som kvadrater och produkter. En teknik som här har använts i stor utsträckning är att bilda s.k. indikatorvariabler. En indikatorvariabel är en variabel som för en provyta endast antar ett av två värden, 0 eller 1. Värdet 1 antas om provytan uppfyller ett visst villkor, t.ex. att provytan befinner sig på torvmark. Uppfylls ej villkoret är värdet 0. Även s.k. indicerade variabler har använts. Dessa är indikatorvariabler multiplicerade med en vanlig variabel. Ett exempel är ”åldern om åldern är minst 50 år i brösthöjd”.

Slutgiltigt val av variabler görs med kriterier som beskrivs nedan i avsnitt 3.4 Metodik.

Datamaterialet från vissa områden var ganska tunt per trädslag, varför funktionen (en per trädslag) skattades för hela materialet i ett första steg. För att prova huruvida områdesvisa kalibreringar kunde vara nödvändiga användes därefter i ett andra steg den i första steget skattade funktionen som (enda) oberoende variabel i regressionsanalysen per område.

Steg 1. Regression med hela materialet ger $f = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \cdot x_1 + \dots + \hat{\beta}_p \cdot x_p$, och tillämpat på provyta nummer i i ett visst område ger detta värdet f_i . Denna funktion kan vi benämna global.

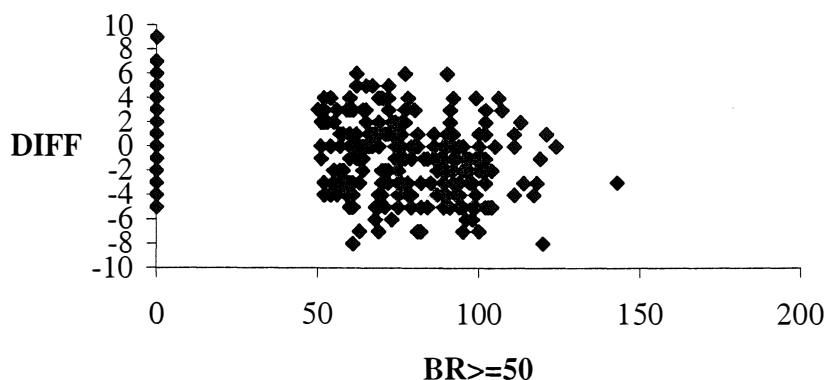
Steg 2. För ytorna i området prövades en enkel regressionsmodell $y_i = \alpha + \beta \cdot f_i + e_i$, med y_i = SIH – SIS som förut. Den resulterande funktionen kan benämnas lokal.

Vitsen med detta är att man i steg 1 utnyttjar ett stort material för att skatta många koefficienter, medan man med de begränsade materialen endast skattar två. I steg 2 användes sedvanliga F-test för att testa om hypoteserna $\alpha = 0$ och $\beta = 1$ kunde förkastas. Värdena $\alpha = 0$ och $\beta = 1$ svarar tillsammans mot att den globala funktionen gäller även inom aktuellt område och att ingen lokal justering behövs. Lokal anpassning skulle man i princip också kunnat utföra i ett steg, med indikatorvariabler och deras produkter med andra variabler, men den här beskrivna metoden (two-stage regression) bedömdes som mer robust.

Det stora problemet vid praktisk regressionsanalys är frågan om hur långt man ska gå i sitt sökande av förklarande variabler. För att undvika överanpassning, dvs. att man av materialet uppfattar att en variabel förklarar den beroende trots att så inte är fallet, kan man använda s.k. korsvalidering. Så har genomgående gjorts (via PRESS i Minitab, Minitab 13:31). För detta arbete har också utnyttjats information om hur noggranna funktionerna kan tänkas vara. Genom Hägglund & Lundmark (Hägglund, 1975, Hägglund och Lundmark, 1977) har vi nämligen uppgifter på standardavvikelsen i SIH kring den funktion som ger SIS utifrån ståndortsvariablerna. De anger som normvärden en standardavvikelse kring funktionen för SIS på 3.0 m för tall och 3.6 m för gran. Denna standardavvikelse är densamma som den standardavvikelse kring funktionen som bör erhållas för variabeln DIFF ovan. Även om dessa normvärden givetvis är något grova så har de gett ledning för hur långt det fanns anledning att anstränga sig att leta variabler vid regressionsanalysen. Lokala funktioner kan säkert ge något lägre standardavvikelser än de givna värdena, men knappast väsentligt lägre. Standardavvikelser kring värdet cirka 3.0 meter eller något under har alltså bedömts som tillräckligt. I stället har arbetet fokuserats på att hitta de variabeluppsättningar som via residualplottar bäst beskrivit material och uppfyllt regressionsanalysens förutsättningar.

3.4 Metodik

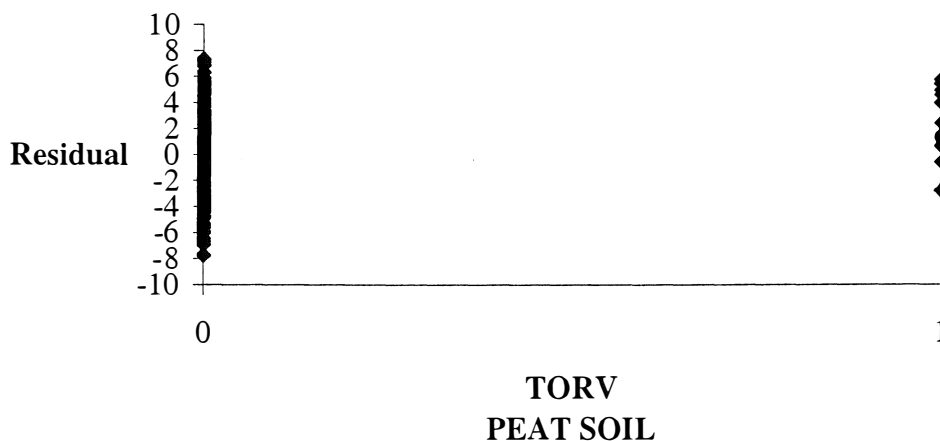
För att finna variabler som kan förklara väntevärdet av DIFF, d.v.s. differensen mellan SIH och SIS, har i första hand prövats sådana som kunde motiveras av logisk sakkunskap. Därefter har även en mängd andra variabler och variabelkombinationer prövats. Den beroende variabeln DIFF har plottats mot dessa oberoende variabler och i de fall där man har kunnat se en trend har dessa satts in i en regressionsfunktion. Funktionens residualer eller med andra ord skillnaden mellan det observerade värdet på y, alltså i detta fall DIFF, och den skattade regressionsfunktionen har sparats.



Figur 7. DIFF plottat mot den indicerade variabeln "brösthöjdsålder större eller lika med 50 år" för trädslaget tall

Figure 7. DIFF plotted against the variable "breast height age if larger than or equal to 50 years" for tree species Scots pine.

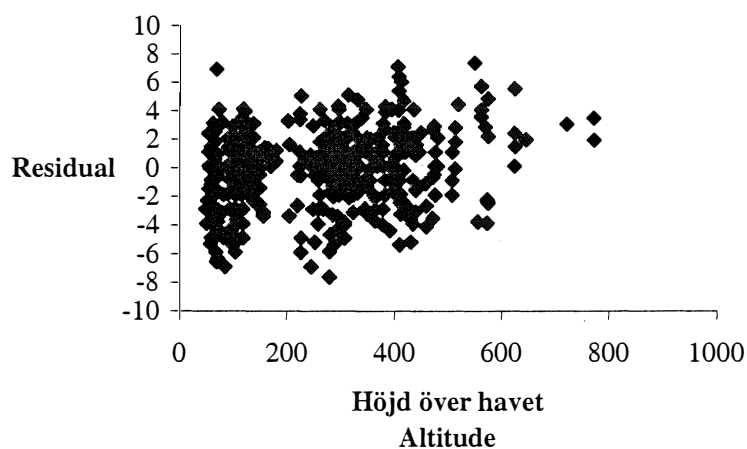
DIFF visar enligt figur 7 en tydligt avtagande trend för brösthöjdsålders variabeln. Figuren visar att SIH vid en låg beståndsålder överskattas medan det vid en högre beståndsålder underskattas. Detta fenomen är sedan tidigare känt och alltså ingen direkt överraskning. Residualen för denna funktion får nu utgöra underlag för nästa sökning av oberoende variabler och används som en beroende variabel. Den beroende variabeln har sedan plottats mot oberoende variabler. När en trend kunnat ses har sedan denna variabel fått fungera som oberoende variabel i nästa steg. Med hjälp av detta systematiska sökande av ständigt nya oberoende variabler kan man med statistiska test avgöra vilka variabler som bör ingå i den slutliga funktionen.



Figur 8. Residualen plottad mot torvmark för trädslaget Tall

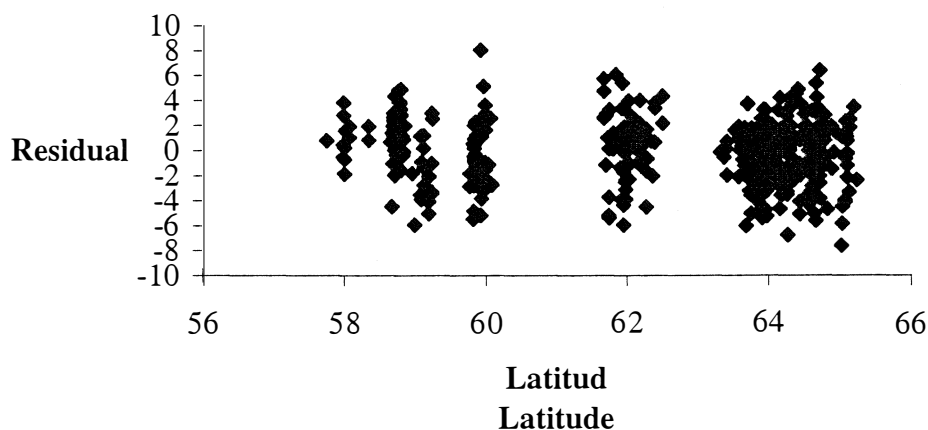
Figure 8. Residual plotted against peat soil for tree species Scots pine

Exempelvis visar figur 8 att indikatorvariabeln torvmark hur ett samband mellan den för tillfället gällande residualen. En ny funktion skattas där torvmark införs och nya residualer erhålls. Dessa plottas mot nya variabler etc.



Figur 9. Residual plottad mot höjd över havet för trädslaget tall
Figure 9. Residual plotted against altitude for tree species Scots pine

Vid plottning uppvisade höjd över havet en trend. Trenden tycks vara liknande som trenden för brösthöjdsålder vilket indikerar en ökande underskattning av SIH vid en högre höjd över havet.

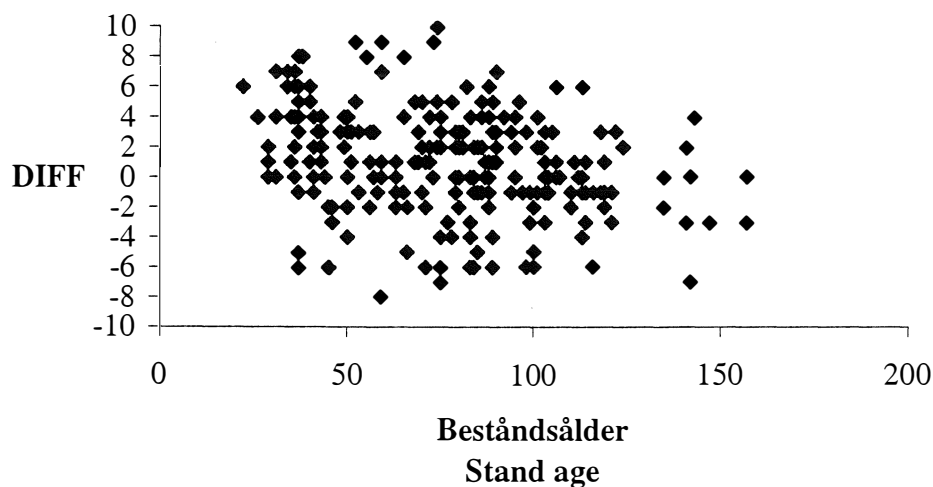


Figur 10. Residual plottad mot latitud för trädslaget tall
Figure 10. Residual plotted against latitude for tree species Scots pine

Då residualen plottades mot variabeln latitud kunde en svagt avtagande trend skönjas.

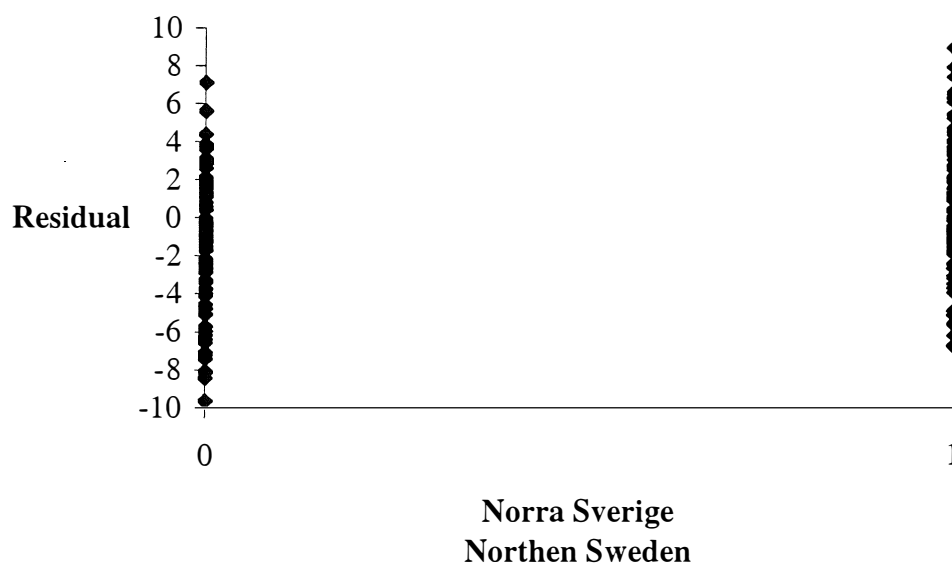
Förfarandet med sökandet efter nya oberoende variabler och residual plottningen fortgår tills ingen trend kan urskiljas och ingen förändring av regressionsfunktionen påvisar en minskning av standardavvikelsen kring funktionen för trädslaget tall.

Att man inte kan använda funktionen för tall då man försöker förklara skillnaden mellan SIH och SIS för gran är självklar då de olika trädslagen kräver olika förutsättningar för tillväxt (produktion). Därför används samma förfarande med sökning av vilka oberoende variabler som bör ingå i den förklarande funktionen



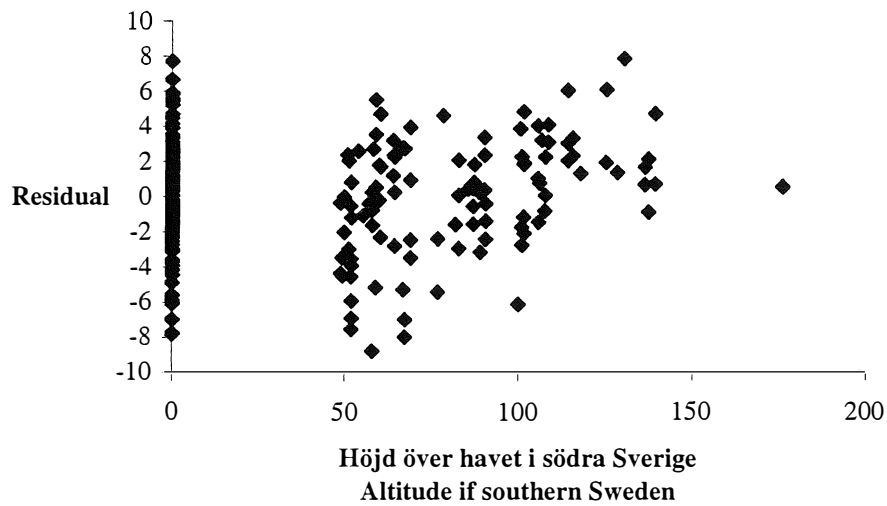
Figur 11. Differensen mellan SIH och SIS och beståndsåldern plottad för trädslaget gran
Figure 11. DIFF plotted against stand age for tree species Norway spruce

Även för trädslaget gran tycks beståndsåldern inverka på funktionen och visa en tydligt avtagande trend vilket för övrigt kunde förväntas. Denna oberoende variabel vilken visar att skillnaden mellan SIH och SIS i början avtar med beståndsåldern för att senare vid en högre beståndsålder åter öka. I början av beståndets omloppstid tycks även här SIS underskattas medan det senare överskattas. Vi sparar alltså residualen för denna funktion och söker vidare efter nya oberoende variabler.



Figur 12. Residual plottat mot indikatorvariabeln norra Sverige för trädslaget gran
Figure 12. Residual plotted against the indicator variable Northern Sweden for tree species Norway spruce

Enligt figuren visar det sig att det geografiska läget, i form av indikatorvariablerna södra och norra Sverige den beroende variabeln. Effekterna an det geografiska läget visar att bestånd belägna i norra Sverige tycks underskatta SIH. Trenden är inte så stark men är ändå signifikant.



Figur 13. Residual plottad mot höjden över havet i södra Sverige för gran
Figure 13. Residual plotted against altitude in southern Sweden for tree species Norway spruce

Förfarandet med sökandet efter nya oberoende variabler och residualplottningarna fortgår även för trädslaget gran tills ingen trend kan urskiljas och ingen förändring av regressionsfunktionen påvisar en minskning av standardavvikelsen kring funktionen.

3.5 Lokala anpassningar

Som ett sista moment görs kontroll av regressionsfunktionerna vad avser dess "väntevärdesriktighet" där man försöker bedöma huruvida den skattade funktionen innehåller systematiska fel eller inte. I detta fall, där antalet observationer är begränsat och antalet oberoende variabler är stort, finns risken för en överanpassning, varför en s.k. korsvalidering bör utföras. Detta görs tekniskt genom att bilda kvoten mellan två residualkvadratsumma, PRESS och SSRES. Här är SSRES den som regressionsanalysen ger. PRESS erhålls genom att successivt utelämna en observation, skatta funktionen med de kvarvarande och predicera den utlämnade. Skillnaden mellan observerat och predicerat värde ger residualen PRESS. Om funktionen inte är överanpassad är den stabil (Holm, 2000). För en stabil funktion bör inte kvoten mellan PRESS och SSRES överskrida 1,10

Utifrån det insamlade materialet har flera olika variabler utifrån regressionsanalys selekterats ut för att ingå i funktionen dels som gemensamma variabler men även som indikatorvariabler vilka vars syfte har varit att indikera en viss egenskap. Utifrån det insamlade materialet har även gemensamma variabler samt indikatorvariabler konstruerats (se appendix).

Då de trädslagsvisande grundfunktionerna är framtagna ställs den naturliga frågan om en lokal justering för de olika områdena är motiverad. För att kunna svara på denna fråga kan man använda sig av ett formellt test för att avgöra om en lokal justering är motiverad eller inte.

För en trädslagsvis grundfunktion sparas funktionsvärdet, benämnt FITS. Med hjälp av denna skapas en ny variabel här kallas y_{min} som står för y – FITS, alltså y_{min} = DIFF – FITS.

$$\text{DIFF} - \text{FITS} = \alpha_0 + \alpha_1 * \text{FITS}$$

Data delas upp områdesvist och lokala anpassningar till modellen görs.
En hypotes provas om en lokal justering är motiverad

Hypotesen H₀: $\alpha_0 = \alpha_1 = 0$ dvs. H₀: y – FITS = 0 mot H₁: y – FITS $\neq 0$

Genom programmet Minitab beräknas SSRES och en storhet SSRES H₀ genom att bara kvadrera y- FITS (= DIFF – FITS)

Ett s.k. F test används per område. Med F-värdet kan man sedan avläsa i en tabell om en korrigering skall genomföras eller ej

F-värdet är:

$$F = ((\text{SSRESH}_0 - \text{SSRES})/p)/(\text{SSRES}/df)$$

Där p = 2 och df = n-2 och där n = antalet observationer i området

4. Resultat

Resultatet visar att ståndortsindex genom ståndortsegenskaper (SIS) i jämförelse med ståndortsindex via höjdutvecklingskurvor (SIH) överskattas i vissa områden och underskattas i andra. De områden som enligt resultatet överskattas respektive underskattas har vissa specifika ståndortsegenskaper, vilka genom olika variabeluppsättningar samverkar vad gäller en variabels förklaringsgrad. Dessa egenskaper skiljer sig mellan de olika trädslagen bland annat på grund av trädslagets olika reaktion på ståndortsegenskaper.

4.1 Resultat för tall

För trädslaget Tall är nedanstående globala funktion framtagen. Denna funktion innehåller de förklarande variablerna för skillnaden mellan SIH och SIS, dvs. för DIFF.

**DIFF = 9,660 – 0,038 * brösthöjdsåldern om denna är större eller lika med 50 år
+ 3,662 * torv – 0,153 * latitud + 0,007 * höjd över havet**

Variabel	Koefficient	P
Konstant	9,660	0,009
Br om Br>=50 (indicerad)	- 0,038	0,000
Torv (indikator)	3,662	0,000
Latitud (grader)	- 0,153	0,000
Höjd över havet (m)	0,007	0,000

S = 2,499 R-Sq = 33,1%

PRESS = 2898,96

SSRES = 2834,31

Korsvalideringskontrollen som inte bör överstiga 1,10 ger
 $2898,96 / 2834,31 = 1,02$

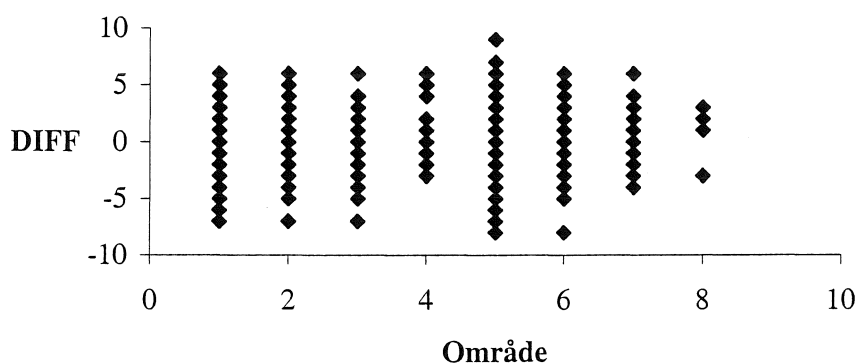
I tallbestånd underskattas generellt ståndortsindex skattat med hjälp av ståndortsegenskaper (SIS). Vissa specifika ståndortsegenskaper indikerar en ytterligare underskattning av SIS i förhållande till SIH. Dessa egenskaper är

- torvmark
- höjd över havet (växande underskattning)

I tallbestånd överskattas ståndortsindex skatta med hjälp av ståndortsegenskaper (SIS) jämfört med ståndortsindex skattat med höjdutvecklingskurvor (SIH) för bestånd med följande egenskaper

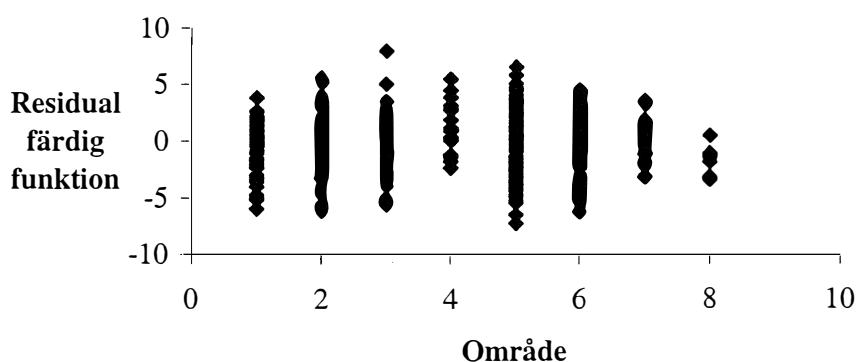
- bestånds ålder om denna är högre än 50 år i brösthöjd (växande överskattning)
- latituden (växande överskattning)

För trädslaget tall kan liksom för trädslaget gran en stor differens mellan SIH och SIS urskiljas för alla områden. Genom funktionen för tall försöker man härleda vad denna differens orsakas ut av. I figur 14 - 15 kan man tydligt se att standardavvikelsen mellan SIH och SIS har avtagit genom kalibreringen. I figurerna är inte den områdesvisa korrigeringen medtagen.



Figur14. Den ursprungliga områdesvisa differensen mellan SIH och SIS för trädslaget tall

Figure 14. The original difference between SIH and SIS for different district and tree species Scots pine



Figur 15. Den områdesvisa residualerna för tallfunktionen

Figure 15. The residual for the function for tree species Scots pine by district

Områdesvisa korrigeringar av DIFF enligt grundfunktion för tall.

För område nr 4, Iggesund X-län, blev avvikelserna från grundfunktionen så stora att en områdesvis korrigering bedömdes nödvändig.

$DIFF_{korr} = 1,32 + 1,809 * f$ där f är den globala funktionen

4.2 Resultat för gran

För trädslaget Gran är nedanstående globala funktion framtagen. Denna funktion innehåller de förklarande variablerna för skillnaden mellan SIH och SIS dvs. DIFF.

DIFF = 0,087 – 0,052 * Beståndsålder + 6,042 * norra Sverige + 0,046 * höjd över havet i södra Sverige

Variabel	Koefficient	P
Konstant	0,087	0,934
Beståndsålder (år)	- 0,052	0,000
Norra Sverige (indikator)	6,042	0,000
Höjd södra Sverige (indicerad)	0,046	0,000

S = 3,070 R-Sq = 23,7%

PRESS = 2306,73

SSRES = 2233.41

Korsvalideringskontrollen som inte bör överstiga 1,10 ger
 $2306,73 / 2233,41 = 1,03$

I granbestånd underskattas generell ståndortsindex skattat med ståndortsfaktorer (SIS) i förhållande till bestånd skattade med höjduitvecklingskurvor (SIH). Vissa egenskaper indikerar en ytterligare underskattning för bestånden. Dessa är

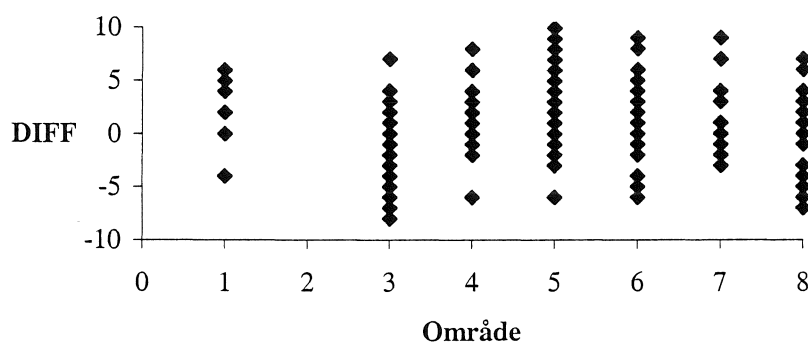
- bestånd belägna i norra Sverige
- beståndets höjd över havet då beståndet befinner sig i södra Sverige (växande underskattning)

I granbestånd överskattas generellt ståndortsindex mätt med ståndortsfaktorer (SIS) jämfört med ståndortsindex skattat med hjälp av höjduitvecklingskurvor (SIH) för bestånd med följande egenskaper

- beståndsåldern (växande överskattning)

För gran bedömdes att inga områdesvisa korrigeringar var nödvändiga.

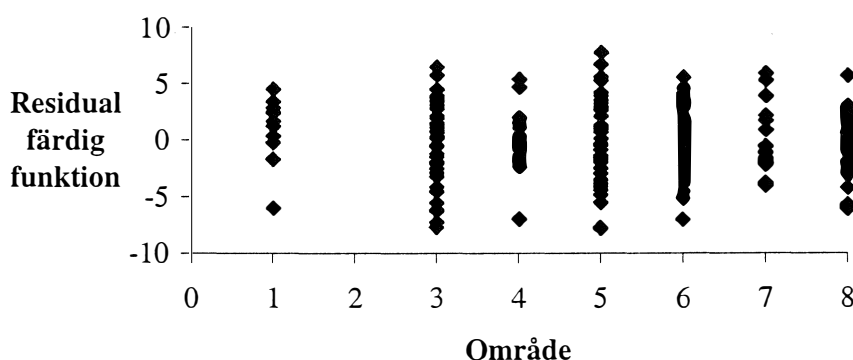
Genom att studera skillnaderna av de färdiga regressionsfunktionerna och de ursprungliga datamaterialet kan man tydligt se en minskning av standardavvikelsen.



Figur 16. Den områdesvisa ursprungliga differensen mellan SIH och SIS för trädslaget gran

Figure 16. The original difference between SIH and SIS for different district and tree species Norway spruce

En stor differens mellan SIH och SIS kan urskiljas för alla områden. Genom funktionen för gran försöker man härleda vad denna differens orsakas av. I figur 11 kan man tydligt se att standardavvikelsen mellan SIH och SIS har avtagit genom kalibreringen.



Figur 17. De områdesvisa residualerna för granfunktionen

Figure 17. The residuals for the function for tree species Scots pine

5. Effekter av fel i samband med ståndortsindex

5.1 Bakgrund

Det kan vara intressant att studera vilka fel som orsakar fel i SIS och vad fel i SIS orsakar för följdfel. I detta arbete har vissa ansatser i denna väg gjorts. Effekter av vissa bedömningsfel på värdet av SIS har studerats genom att helt enkelt simulera felbedömningar och använda boniteringssystemet. Effekterna av fel SIS på resultatet av strategisk planering har studerats genom att använda planeringssystemet Indelningspaketet. Andra effekter av fel av SIS, som t.ex. kan uppstå vid operativ planering, har inte studerats.

5.2 Ett fältmässigt skattningsfels påverkan vid beräkning av ståndortsindex

Ståndortsindex kan sällan uppskattas med hjälp av höjdutvecklingskurvor. Vid bedömningen av ståndortsindex med hjälp av ståndortsfaktorer är fler variabler inblandade och det är inte alltid lätt att i fält uppskatta alla variabler rätt så att de återspeglar det som indikatorerna faktiskt ska visa. Detta kan dels bero på hur en förrättningsman bedömer variationer och avvikelser i beståndet men även hur det faktiskt ser ut. Ibland kan stora skillnader förekomma inom ett och samma bestånd och denna variation inom beståndet skall återspegla ett medelvärde av det faktiska ståndortsindexet inom detta. Då stora variationer förekommer och det ibland kan vara svårt att bedöma en specifik egenskap som skall ligga till grund för en skattning kan det uppstå en felaktig bedömning av produktionsförmågan. Att det uppstår fel vid bedömningar är naturligt och det kan även ske fel vid avläsning och rapportering på grund av den mänskliga faktorn.

Vid användandet av "Fälthäfte i bonitering" som används vid praktisk bonitering i fält är flödesschema för bestämning av markvegetationstyp på fastmark samt diverse tabeller presenterade. Vidare kan man i detta häfte läsa om de olika kraven som ställs för att man skall kunna nyttja bonitering med hjälp av höjdutvecklingskurvor (SIH) samt de olika definitioner som ges för de olika ståndortsegenskaperna vid skattning av ståndortsegenskaper (SIS).

Vid skattning med hjälp av ståndortsegenskaper (SIS) indikerar varje ståndortsegenskap en specifik egenskap på ståndorten med en effekt på ståndortsindexet för den aktuella ståndorten. Detta medför att varje ståndortsegenskap som bedöms har en effekt på ståndortsindex skattat med (SIS). Om en ståndortsegenskap missbedöms på något vis missbedöms även underlaget vid skattningen av ståndortsindex. Vegetationstypen och texturklassen är egenskaper som lätt av olika anledningar kan missbedömas i fält. Ibland missbedöms en av egenskaperna och emellanåt flera av dessa. Effekterna av missbedömningarna ger olika följder vid olika breddgrader och höjd över havet men generellt kan sägas att ståndortsindex sjunker med ökad höjd över havet, breddgrad, grövre texturklass och fattigare vegetationstyp. Vid en missbedömning av en ståndortsegenskap eller en kombination av egenskaper ökar eller sjunker det skattade värdet på ståndortsindex beroende på om egenskaperna över- eller underskattas.

Hur stor denna underskattning blir beror på hur grova missbedömningar som görs och hur många ståndortsvariabler som missbedöms. Nedan ges några exempel.

Exempel 1.

Tall på frisk mark med mäktigt jorddjup i Z-län med samma höjd över havet och samma breddgrad. Rörligt markvatten klass S och klass K.

Ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp blåbär
- Texturklass sandig-moig morän

För detta bestånd skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 23

Om någon eller flera av ståndortsegenskaperna i stället skulle ha missbedömts av någon anledning skulle detta ge ett annat värde på det skattade ståndortsindexet.

Missbedömda ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp lingon
- Texturklass sandig-moig morän

För dessa beståndsegenskaper skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 22

Missbedömda ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp blåbär
- Texturklass sandig morän

För dessa bestånds egenskaper skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 22

Missbedömda ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp lingon
- Texturklass sandig morän

För dessa bestånds egenskaper skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 21

Exempel 2.

Tall på frisk mark med mäktigt jorddjup i Z-län med samma höjd över havet och samma breddgrad. Rörligt markvatten klass S och klass K.

Ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp kråkbär-ljungtyp
- Texturklass sandig morän

För detta bestånd skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 19

Om någon eller flera av ståndortsegenskaperna i stället skulle ha missbedömts av någon anledning skulle detta ge ett annat värde på det skattade ståndortsindexet.

Missbedömda ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp lingon
- Texturklass sandig morän

För dessa beståndsegenskaper skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 21

Missbedömda ståndortsegenskaper:

- Vegetationstyp lingon
- Texturklass sandig-moig morän

För dessa beståndsegenskaper skattas ståndortsindex enligt (SIS) till T 22

Enligt exemplen ovan kan en rimlig felbedömning leda till en skillnad i SIS på 2 – 3 meter. Dessa felaktiga bedömningar utgör eventuellt sedermera underlag i tillväxtberäkningar m.m., vilket kan leda till ytterligare fel fortplantningar vid t.ex. planering.

5.3 Ett felaktigt ståndortsindex effekt på komponenter som ingår vid planering och beslut.

Med hjälp av Indelningspaketet kan det högsta möjliga nuvärdet beräknas utifrån ett för beståndet optimalt skötselprogram. Resultatet för det optimala skötselprogrammet kan därefter utgöra ett underlag för hur fastigheten/bestånden bör skötas på lång sikt för att uppnå det högsta nuvärdet. Genom att beräkna skillnader i nuvärde utifrån olika skötselprogram kan man jämföra hur valet av de olika åtgärderna och dess tidpunkter påverkar nuvärdet för ett bestånd. Om vi antar att ett bestånd har vissa specifika grundegenskaper och sedan ändrar en, hur påverkas då underlaget för besluten? Ståndortsindex beskriver en sådan egenskap. Genom att utgå från ett insamlat datamaterial kan för de enskilda bestånden optimala skötselprogram konstrueras efter deras grundförutsättningar och ett nuvärde erhålls för just detta skötselprogram. Ändras grundförutsättningarna genom att ett felaktigt värde används, i detta fall ståndortsindex, kan förslaget på skötselprogram med åtgärder och dess tidpunkter bli något annat än det ursprungliga med följdeffekten att nuvärdet ändras. Om ett bestånd antas ha vissa specifika ingångsvärden med ett ”korrekt” ståndortsindex kan jämförelser av nuvärdet göras med ett felaktigt ståndortsindex genom att först optimera skötselprogrammet för det ”korrekta” och därefter optimeras skötselprogrammet för de felaktiga. Därefter beräknas nuvärdet för beståndet med det ”korrekta” ståndortsindexet utifrån att man sköter det efter det skötselprogram som det felaktiga ståndortsindexet ger. Skillnaderna mellan nuvärdena kan nu beräknas liksom avvikelsen i de optimala skötselprogrammen.

Som underlag för beräkningen med Indelningspaketet har ur ett stort antal bestånd några valts ut som typexempel. För dessa beräknas som ovan beskrivits nuvärdet för det optimala skötselprogrammet givet att ståndortsindex är ”korrekt”. Därefter jämförs nuvärdet för samma bestånd men skött efter ett annat skötselprogram optimerat efter ett felaktigt ståndortsindex. Skillnaden mellan ”korrekt” ståndortsindex och felaktigt är angivet till två meter dvs. ståndortsindex över- respektive underskattas med två meter för beståndet.

Nedan följer fem exempel på jämförelsen mellan nuvärde i 100-tals kronor per hektar framräknat efter optimala skogsskötselprogram.

Exempel 1.

Ungskog på hög bonitet

	"Korrekt"	Överskattat	Underskattat
Nuvärde	305	305	304
Gallringsperiod	4	4	3
Slutavverkningsperiod	10	10	10

Exempel 2.

Ungskog på låg bonitet

	"Korrekt"	Överskattat	Underskattat
Nuvärde	181	182	181
Gallringsperiod	6	5	6
Slutavverkningsperiod	11	11	11

Exempel 3.

Ungskog på medelgod bonitet

	"Korrekt"	Överskattat	Underskattat
Nuvärde	206	207	206
Gallringsperiod	5	4	5
Slutavverkningsperiod	10	10	10

Exempel 4.

Medelålders skog på medelgod bonitet

	"Korrekt"	Överskattat	Underskattat
Nuvärde	207	207	215
Gallringsperiod	2	3	1
Slutavverkningsperiod	8	8	7

Exempel 5.

Gammal skog på medelgod bonitet

	"Korrekt"	Överskattat	Underskattat
Nuvärde	469	493	505
Gallringsperiod	0	0	0
Slutavverkningsperiod	1	1	1

Exemplen visar att nuvärdesskillnaderna i de enskilda bestånden inte blir så stora. Skillnaden i nuvärde för de unga bestånden mellan det "korrekta" och det felaktiga ligger för dessa bestånd mellan $-0,33\%$ för en underskattning till $+0,55\%$ för en överskattning vilket kan bedömas som obetydligt.

Exempel 4 – 5 visar ibland en större skillnad i nuvärde vilket förmodligen beror på hur anläggningskostnaderna för ett nytt bestånd beräknas. För den gamla skogen fås tex. lika mycket ut vid avverkningen i period 1 beroende på att ståndortsindex inte hinner inverka så mycket på tillväxten att ett annat skötselprogramsalternativ skulle väljas vid en optimering. Kostnaderna vid anläggandet av ett nytt bestånd betyder därför mera för nuvärdet. Förmodligen skulle då dock ett felaktigt SI leda till en olämplig beståndsanläggning.

Om ståndortsindex generellt skulle överskattas för alla bestånd så leder detta givetvis till att långsiktiga avverkningsmöjligheter också överskattas, vilket visas av körningar med Indelningspaketet.

6. Diskussion

6.1 Inventeringen

Idag kan Ståndortsindex skattas efter den i fält mest lämpliga metod för detta enligt Skogshögskolans boniteringssystem, (Kjellin, 2002). Det är inte i lagen fastställt vilken metod som skall användas varför det fältmässiga arbetet kan leda att olika ståndortsindex bedöms för liknande bestånd på grund av valet av inventeringsmetod. Detta kan i sin tur leda till konflikter mellan olika intressenter.

I vissa fall användas skattning av ståndortsindex baserat på höjduitvecklingskurvor (SIH) på ett felaktigt sätt beroende på att beståndets tidigare historik missbedöms eller på grund av avsaknad av tidigare information om beståndet och dess utveckling. I dessa fall när inte beståndet uppfyller kraven bör en annan metod användas. Vid användandet av mätning med hjälp av ståndortsfaktorer är det inte alltid lätt att rätt uppskatta alla variabler i fält så att de på ett rättvist sätt återspeglar det som indikatorerna faktiskt ska avspegla. Detta kan dels bero på hur en förrättningsman bedömer variationer och avvikelser i beståndet men även på hur det faktiskt ser ut. Ibland kan stora skillnader förekomma inom ett och samma bestånd och denna variation inom beståndet skall återspegla ett medelvärde av det faktiska ståndortsindexet inom detta. Då stora variationer förekommer och det ibland kan vara svårt att bedöma en specifik egenskap som skall ligga till grund för en skattning kan det uppstå en felaktig bedömning av produktionsförmågan. Att det uppstår fel vid bedömningar är naturligt och det kan även ske fel vid avläsning och rapportering på grund av den mänskliga faktorn. Varje skogsman bedömer beståndsegenskaperna utifrån sin egen kunskap och erfarenhet och därför skiljer sig ofta de olika förrättningsmännens resultat åt. Studier på Östad säteri av studenter på kurs visar att skillnaden mellan två oberoende SIS kan bli stora beroende på vilken förrättningsman som utför arbetet. Även skillnader i brösthöjdsålder uppkommer av olika anledningar som t.ex. mätfel och faktiska skillnader i åldern. För att tillse att så små avvikelser som möjligt uppstår mellan olika förrättningsmän krävs upprepade kalibreringar mellan dessa. Det har i detta arbete inte varit möjligt att studera variationen mellan förrättningsmän.

6.2 Användningen av Ståndortsindex

Förutom att tjäna som indikatorer på boniteten används SI även för många andra ändamål. Variabeln förekommer i olika funktioner, exempelvis tillväxtfunktioner, som används för skattning av beståndets framtida utveckling. Variabeln används även som underlag i samband med avverkningsbeslut och är i av avgörande vikt vid bestämning av lägsta slutavverkningsålder enligt Skogsvårdslagen § 10 och Skogsvårdsförordningen § 11. Ståndortsindex är också avgörande för det lägsta antalet huvudplanter som skall finnas per hektar vid senaste tidpunkt för hjälp plantering enligt Skogsstyrelsens föreskrifter, Skogsvårdsförordningen § 7. 2 st. I praktiken lämnas ett spelrum vid lägsta slutavverkningsålder på 10 år (Kjellin, 2002) dels på grund av osäkerhet i ståndortsindex samt osäkerhet vid bestämningen av beståndets ålder.

6.3 Resultatet av kalibreringen

Det uppstår en skillnad i ståndortsindex mellan bestånd uppmätta med SIH och SIS. Vad en del av denna skillnad beror på åskådliggörs av resultatet, men resultatet förklarar inte hela sanningen. Flera av de variabler som ingår i funktionen påverkar varandra och

på så vis även resultatet. Av dessa är även några utbytbara mot andra variabler som förklarar skillnaden på samma sätt. Olika variabler kan förklara samma avvikelse mellan bestånd skattade med SIH och SIS. Vid valet av en variabel då flera olika variabler kan förklara samma avvikelse har den egenskap som lättast kan konstateras legat till val i funktionen.

För tall erhålls:

$$\text{SIH} = \text{SIS} + 9,660 - 0,038 * \text{brösthöjdsåldern om denna är större eller lika med 50 år} + 3,662 * \text{torv} - 0,153 * \text{latitud} + 0,007 * \text{höjd över havet}$$

För område nr 4, dvs. Iggesund X-län blev avvikelsen från grundfunktionen så stor att en områdesvis korrigering blev nödvändig.

$$\text{SIH} = \text{SIS} + 1.32 + 1.809 * \text{SIH} - \text{SIS enligt ovan}$$

För gran erhålls:

$$\text{SIH} = \text{SIS} + 0,087 - 0,052 * \text{Bestandsålder} + 6,042 * \text{norra Sverige} + 0,046 * \text{höjd över havet i södra Sverige}$$

Även om de skattade kalibreringsfunktionerna reducerade skillnaderna mellan SIH och SIS återstår en påtalig variation. En standardavvikelse på 2.5 meter (tall) visar att ca 1 gång av 3 är avvikelsen (efter kalibreringen) minst 2.5 meter och en gång på 20 är den mist 5 meter.

6.4 Effekter av användandet av ett felaktigt ståndortsindex

Skillnaderna i nuvärde för ett bestånd som skötts med ett optimalt skötselprogram och ett som skötts efter ett skötselprogram som var baserat på ett felaktigt ståndortsindex visade sig inte vara så stora eller obetydliga då felet i ståndortsindex var litet. Valet av skötselprogram blev ofta det samma eller en förskjutning i en period vilket inte påverkade nuvärdet nämnvärt. Att fel i ståndortsindex inte motsvaras av fel i nuvärde beror på att tillväxtfunktionerna inte reagerar nämnvärt på detta. Förhållandet mellan enskilda träds diameter och ålder fångar upp boniteten.

Ett felaktigt ståndortsindex kan även ge andra problem då det i skogsvårdslagen anges en lägsta slutavverkningsålder grundat på ståndortsindex. Ett problem är att lagen inte anger vilken metod som skall användas vid skattningen. Skillnaderna mellan ståndortsindex skattat med ståndortsfaktorer (SIS) och höjdutvecklingskurvor (SIH) skapar problem. Ståndortsindex skattat med hjälp av höjdutvecklingskurvor (SIH) indikerar t.ex. ofta en senare tillåten slutavverknings ålder än vad visarprocenten skulle ange för samma bestånd skattat med ståndortsfaktorer (SIS). Om ståndortsindex för beståndet underskattas kan detta medföra att ett bestånd tvingas drivas med en längre omloppstid än vad som hade varit optimalt på grund av skogsvårdslagens restriktioner om lägsta slutavverknings ålder. Om förhållandet däremot är det omvända, att ståndortsindex överskattas, medför detta att bestånden kan slutavverkas tidigare än vad Skogsvårdslagen medger vilket medför en lagöverträdelse med böter och dåligt anseende till följd. Dock föreligger det de inblandade alltid att bevisa vilket ståndortsindex som beståndet verkligen hade. Detta kan i sig vara mycket svårt att

bedöma i efterhand. Även vid anläggningen av ny skog har ståndortsindex en avgörande inverkan vad avser kravet på antalet huvudplantor för en godkänd för yngning.

6.5 Slutsatser

Det föreligger skillnader mellan ståndortsindex skattat med hjälp av höjduitvecklingskurvor (SIH) och ståndortsindex skattat med ståndortsfaktorer (SIS). Anledningen till denna skillnad beror på olika saker bland annat den så kallade ålderstrenden. Skillnaderna mellan de båda metoderna går inte att eliminera men man kan genom en kalibrering av de olika metoderna minska dessa skillnader.

Ståndortsindex skattat med ståndortsfaktorer (SIS) underskattades generellt för tall och gran jämfört med ståndortsindex skattat med höjduitvecklingskurvor (SIH).

För de olika trädslagen påverkar sedan en rad olika egenskaper och beståndsfaktorer i samverkan med varandra huruvida skillnaden mellan de olika metoderna beskrivs.

För Tall underskattades ståndortsindex skattat med ståndortsfaktorer (SIS) om provytan uppfyllde vissa krav:

- höjd över havet (stigande)
- bestånd på torvmark

För tall överskattades ståndortsindex skattat med ståndortsfaktorer (SIS) om provytan uppfyllde vissa krav:

- brösthöjdsåldern för provträden är större eller lika med 50 år
- latitud (stigande)

I granbestånd visade det sig att ståndortsindex mätt med ståndortsfaktorer (SIS) underskattades för bestånd med följande faktorer:

- bestånd belägna i norra Sverige
- höjd över havet då beståndet befinner sig i södra Sverige

Däremot visade det sig att ståndortsindex skattat med hjälp av ståndortsfaktorer (SIS) överskattades jämfört med ståndortsindex skattat med hjälp av höjduitvecklingskurvor (SIH) beroende på:

- beståndsåldern (stigande)

Det finns alltså anledning att kalibrera ståndortsindex i registret för bestånd skattade med SIS då en kalibrering av de trädslagsvisa funktionerna visade att man genom de olika kombinationerna kunde minska standardavvikelsen. För trädslaget tall var dock en lokal korrigering tvungen att genomföras. Kalibreringen av ståndortsindex enligt framtagna funktioner leder till ett bättre beslutsunderlag och bör därför genomföras.

Trots kalibreringen återstår dock en påtagligvariation.

7. Referenslitteratur

- Dettki, H 2002 Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik 2003-01-09 (pers. Com.)
- Enström, J 1997. Grundbok för skogsbrukare. Skogsstyrelsen, Jönköping
- Holm, S 2002 Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik (pers. Com.)
- Holm, S. 2000. Regressionsanalys för skogsvetare. Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik, SLU, Umeå. 139 s.
- Hägglund, B, Lundmark, J-E. 1977. Skattning av höjdboniteten med ståndortsfaktorer. Institutionen för västekologi och marklära, Skogshögskolan, Stockholm 240 s. Rapport 28
- Hägglund, B, Lundmark, J-E. 1977. Site index estimation by means of site properties Scots pine and Norway spruce in Sweden, Skogshögskolan, Stockholm. Rapport 138
- Hägglund, B.1975. Estimating the accuracy of site index curves by means of simulation. Skogshögskolan, Stockholm. Rapport 129
- Håkansson, M., Larsson, M. 1998. Skogsbrukets ekonomi. LT: s förlag, Stockholm
- Kjellin, P 2002 Skogsstyrelsen. Samtal via telefon 2002-12-17
- Lundmark, J-E.1988. Skogsmarkens ekologi, Ståndortsanpassat skogsbruk, Del1-grunder. Skogsstyrelsen, Jönköping. ISBN: 91-85748-50-1 ALLF 1465001
- Lundmark, J-E.1988. Skogsmarkens ekologi, Ståndortsanpassat skogsbruk, Del2-tillämpning. Skogsstyrelsen, Jönköping. ISBN: 91-85748-69-2 ALLF 1466054
- Magnusson, T., Malmer, A.1998. Markprocessernas betydelse för växtproduktionen, Kompendium i markvetenskap för basåret Skogsvetarkurs 98/02. Institutionen för skogsekologi, SLU, Umeå
- Nykvist. 1998. Markprocessernas betydelse för växtproduktionen, Kompendium i markvetenskap för basåret Skogsvetarkurs 98/02. Institutionen för skogsekologi, SLU, Umeå
- Tegnhamar, L.1992. Om skattning av ståndortsindex för gran. Institutionen för skogstaxering, SLU, Uppsala 259 s. Rapport 53 ISSN 0348-0496

8. Appendix

Beteckningar och variabler

Beteckningar

Övrehöjd	Övre höjden är definierat som den aritmetiska medelhöjden för de tio grövsta träden på en 0,1 ha stor provyta eller praktiskt mätt som den aritmetiska medelhöjden för de två grövsta träden på en provyta med tio meters radie. De grövsta träden kallas Öh-träd
SI	- Ståndortsindex. Den övre höjd ett bestånd uppnår vid en på förhand fixerad s.k. referensålder om det sköts med avsikt mot högsta virkesproduktion. I detta arbete är referensåldern 100 år (totalålder)
Ståndortsbeskrivande variabler.	
SHS – systemet	- Skogshögskolans boniteringssystem
SIH	- Skattning av SI med ledning av höjdtvecklingskurvor enligt SHS - Systemet.
SIS	- Skattning av SI med ledning av ståndortsbeskrivande variabler enligt SHS – systemet.

Tabellbeteckningar

Koeff	- Skattad koefficient för variabel i regression.
P – värde	- Sannolikheten att få ett statistiskt testvärde som givet att H_0 är sann är minst lika stort som det som vi har fått.
S	- Skattad standardavvikelse kring funktionen.
R – Sq.	- Förklaringsgrad, dvs. hur mycket av variationen i den beroende-variationen som förklaras av regressionsfunktionen.
PRESS	kvadratsumman av de residualer som erhålls då en observation för vilka är skattade då ett antal av observationerna ärt borttagna
SSRES	kvadratsumman av de residualer där alla observationer är medtagna
FITS	Funktionsvärdet

Indelning i landsdelar

Sverige har indelats i två landsdelar – ”norra” resp. ”södra” Sverige. I denna studie har gränsen dragits vid latituden 61 grader.

Variabelnamn

Beståndsålder	- Beståndets ålder
DIFF	- Skillnaden mellan ståndortsindex enligt SIH och SIS
FIST	- Funktionsvärde

Latitud

Norra Sverige	om provytan är belägen i norra Sverige annars = 0
Södra Sverige	om provytan är belägen i södra Sverige annars = 0
Höjd över havet	Höjd över havet i meter, framtaget med hjälp av latitud, longitud
Höjd över havet och i norra Sverige	- Höjd över havet i meter om provytan är belägen i norra Sverige annars = 0
Höjd över havet och i södra Sverige	- Höjd över havet i meter om provytan är belägen i södra Sverige annars = 0
Torvmark	- Om markslaget är torv = 1 annars = 0
Br om Br >= 50	- aritmetiskt medelvärde av Öh – trädens brösthöjdsåldrar för träd äldre eller lika med 50 år annars = 0

Områden

De studerade områdena (distrikten) indikeras med var sin siffra mellan ett till åtta beroende på områdets benämning.

Assimark inom Y och Z län	=1
Iggesund: Sveg	=2
Iggesund: Uppland	= 3
Iggesund: X län	= 4
Lycksele	= 5
Norrköping	= 6
Övik inom Y län exklusive Assimark	= 7
Övik inom Z län exklusive Assimark	= 8

Serien Arbetsrapporter utges i första hand för institutionens eget behov av viss dokumentation. Rapporterna är indelade i följande grupper: Riksskogstaxeringen, Planering och inventering, Biometri, Fjärranalys, Kompendier och undervisningsmaterial, Examensarbeten samt internationellt. Författarna svarar själva för rapporternas vetenskapliga innehåll.

Riksskogstaxeringen:

- 1995 1 Kempe, G. Hjälpmedel för bestämning av slutenhet i plant- och ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--1--SE
- 2 Riksskogstaxeringen och Ståndortskarteringen vid regional miljöövervakning. - metoder för att förbättra upplösningen vid inventering i skogliga avrinningsområden. ISRN SLU-SRG-AR--2--SE.
- 1997 23 Lundström, A., Nilsson, P. & Ståhl, G. Certifieringens konsekvenser för möjliga uttag av industri- och energived. - En pilotstudie. ISRN SLU-SRG-AR--23--SE.
- 24 Fridman, J. & Walheim, M. Död ved i Sverige. - Statistik från Riksskogstaxeringen. ISRN SLU-SRG-AR--24--SE.
- 1998 30 Fridman, J. & Kihlblom, D. & Söderberg, U. Förslag till miljöindexsystem för naturtypen skog. ISRN SLU-SRG-AR--30--SE.
- 34 Löfgren, P. Skogsmark, samt träd- och buskmark inom fjällområdet. En skattning av arealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--34--SE.
- 37 Odell, G. & Ståhl, G. Vegetationsförändringar i svensk skogsmark mellan 1980- och 90-talet. -En studie grundad på Ståndortskarteringen. ISRN SLU-SRG-AR--37--SE.
- 38 Lind, T. Quantifying the area of edge zones in Swedish forest to assess the impact of nature conservation on timber yields. ISRN SLU-SRG-AR--38--SE.
- 1999 50 Ståhl, G., Walheim, M. & Löfgren, P. Fjällinventering. - En utredning av innehåll och design. ISRN SLU-SRG-AR--50--SE.
- 52 Riksskogstaxeringen inför 2000-talet. - Utredningar avseende innehåll och omfattning i en framtida Riksskogstaxering. Redaktörer: Jonas Fridman & Göran Ståhl. ISRN SLU-SRG-AR--52--SE.
- 54 Fridman, J. m.fl. Sveriges skogsmarksarealer enligt internationella ägoslagsdefinitioner. ISRN SLU-SRG-AR--54--SE.
- 56 Nilsson, P. & Gustafsson, K. Skogsskötseln vid 90-talets mitt - läge och trender. ISRN SLU-SRG-AR--56--SE.
- 57 Nilsson, P. & Söderberg, U. Trender i svensk skogsskötsel - en intervjuundersökning. ISRN SLU-SRG-AR--57--SE.

- 1999 61 Broman, N & Christoffersson, J. Mätfel i provträdsvariabler och dess inverkan på precision och noggrannhet i volymskattningar. ISRN SLU-SRG-AR--61--SE.
- 2000 65 Hallsby, G m.fl. Metodik för skattning av lokala skogsbränsleresurser. ISRN SLU-SRG-AR--65--SE.
- 75 von Segebaden, G. Komplement till "RIKSTAXEN 75 ÅR". ISRN SLU-SRG-AR--75--SE.
- 2001 86 Kolinnehåll i skog och mark i Sverige -Baserat på Riksskogstaxeringens data. ISRN SLU-SRG-AR--86--SE.

Planering och inventering:

- 1995 3 Holmgren, P. & Thuresson, T. Skoglig planering på amerikanska västkusten - intryck från en studieresa till Oregon, Washington och British Columbia 1-14 augusti 1995. ISRN SLU-SRG-AR--3--SE.
- 4 Ståhl, G. The Transect Relascope - An Instrument for the Quantification of Coarse Woody Debris. ISRN SLU-SRG-AR--4--SE
- 1996 15 van Kerkvoorde, M. A sequential approach in mathematical programming to include spatial aspects of biodiversity in long range forest management planning. ISRN SLU-SRG-AR--15--SE.
- 1997 18 Christoffersson, P. & Jonsson, P. Avdelningsfri inventering - tillvägagångssätt och tidsåtgång. ISRN SLU-SRG-AR--18--SE.
- 19 Ståhl, G., Ringvall, A. & Lämås, T. Guided transect sampling - An outline of the principle. ISRN SLU-SRGL-AR--19--SE.
- 25 Lämås, T. & Ståhl, G. Skattning av tillstånd och förändringar genom inventerings-simulering - En handledning till programpaketet "NVSIM". ISRN SLU-SRG-AR--25--SE.
- 26 Lämås, T. & Ståhl, G. Om dektering av förändringar av populationer i begränsade områden. ISRN SLU-SRG-AR--26--SE.
- 1999 59 Petersson, H. Biomassafunktioner för trädfraktioner av tall, gran och björk i Sverige. ISRN SLU-SRG-AR--59--SE.
- 63 Fridman, J., Löfstrand, R. & Roos, S. Stickprovsvis landskapsövervakning - En förstudie. ISRN SLU-SRG-AR--63--SE.
- 2000 68 Nyström, K. Funktioner för att skatta höjdtillväxten i ungskog. ISRN SLU-SRG-AR--68--SE.
- 70 Walheim, M. & Löfgren, P. Metodutveckling för vegetationsövervakning i fjällen. ISRN SLU-SRG-AR--70--SE.

- 73 Holm, S. & Lundström, A. Åtgärdsprioriteter. ISRN SLU-SRG-AR--73--SE.
- 76 Fridman, J. & Ståhl, G. Funktioner för naturlig avgång i svensk skog. ISRN SLU-SRG-AR--76--SE.
- 2001 82 Holmström, H. Averaging Absolute GPS Positionings Made Underneath Different Forest Canopies - A Splendid Example of Bad Timing in Research. ISRN-SRG-AR--82--SE.
- 2002 91 Wilhelmsson, E. Forest use and its economic value for inhabitants of Skrävlinge and Håviken in Norrbotten. ISRN SLU-SRG-AR--91--SE.
- 94 Eriksson, O. m fl. Wood Supply From Swedish Forests Managed According to the FSC-standard. ISRN SLU-SRG-AR--94--SE.

Biometri:

- 1997 22 Ali, Abdul Aziz. Describing Tree Size Diversity. ISRN SLU-SRG-AR--22--SE.
- 1999 64 Berhe, L. Spatial continuity in tree diameter distribution. ISRN SLU-SRG-AR--64--SE.
- 2001 88 Ekström, M. Nonparametric Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--88--SE.
- 89 Ekström, M. Belyaev, Y. On the Estimation of the Distribution of Sample Means Based on Non-Stationary Spatial Data. ISRN SLU-SRG-AR--89--SE.
- 90 Ekström, M. & Sjöstedt-de Luna, S. Estimation of the Variance of Sample Means Based on Nonstationary Spatial Data with Varying Expected Values. ISRN SLU-SRG-AR--90--SE.
- 2002 96 Norström, F. Forest inventory estimation using remotely sensed data as a stratification tool - a simulation study. ISRN SLU-SRG-AR--96--SE.

Fjärranalys:

- 1997 28 Hagner, O. Satellitfjärranalys för skogsföretag. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 29 Hagner, O. Textur till flygbilder för skattning av beståndsegenskaper. ISRN SLU-SRG-AR--29--SE.
- 1998 32 Dahlberg, U., Bergstedt, J. & Pettersson, A. Fältinstruktion för och erfarenheter från vegetationsinventering i Abisko, sommaren 1997. ISRN SLU-SRG-AR--32--SE.
- 43 Wallerman, J. Brattåkerinventeringen. ISRN SLU-SRG-AR--28--SE.
- 1999 51 Holmgren, J., Wallerman, J. & Olsson, H. Plot - Level Stem Volume Estimation and Tree Species Discrimination with Cansat Remote Sensing. ISRN SLU-SRG-AR--51--SE.

- 53 Reese, H. & Nilsson, M. Using Landsat TM and NFI data to estimate wood volume, tree biomass and stand age in Dalarna. ISRN SLU-SRG-AR--53--SE.
- 2000 66 Löfstrand, R., Reese, H. & Olsson, H. Remote Sensing aided Monitoring of Non-Timber Forest Resources - A literature survey. ISRN SLU-SRG-AR--66--SE.
- 69 Tingelöf, U & Nilsson, M. Kartering av hyggeskanter i pankromatiska SPOT-bilder. ISRN SLU-SRG-AR--69--SE.
- 79 Reese, H & Nilsson, M. Wood volume estimation for Älvsbyn Kommun using spot satellite data and NFI plots. ISRN SLU-SRG-AR--79--SE.

Kompudier och undervisningsmaterial:

- 1996 14 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 92/96. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--14--SE.
- 21 Holm, S. & Thuresson, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för en stor del av Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--21--SE.
- 1998 42 Holm, S. & Lämås, T. samt jägm.studenter kurs 93/97. An analysis of the state of the forest and of some management alternatives for the Östad estate. ISRN SLU-SRG-AR--42--SE.
- 1999 58 Holm, S. samt studenter vid Sveriges lantbruksuniversitet i samband med kurs i strategisk och taktisk skoglig planering år 1998. En analys av skogstillståndet samt några alternativa avverkningsberäkningar för Östads säteri. ISRN SLU-SRG-AR--58--SE.
- 2001 87 Eriksson, O (Ed.) Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2000, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--87--SE.
- 2002 93 Lind, T (Ed.). Strategier för Östads säteri: Redovisning av planer framtagna under kursen Skoglig planering ur ett företagsperspektiv HT2001, SLU Umeå. ISRN SLU-SRG-AR--93--SE.

Examensarbeten:

- 1995 5 Törnquist, K. Ekologisk landskapsplanering i svenskt skogsbruk - hur började det?. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--5--SE.
- 1996 6 Persson, S. & Segner, U. Aspekter kring datakvaliténs betydelse för den kortsiktiga planeringen. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--6--SE.

- 7 Henriksson, L. The thinning quotient - a relevant description of a thinning?
Gallringskvot - en tillförlitlig beskrivning av en gallring? Examensarbete i ämnet
skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--7--SE
- 8 Ranvald, C. Sortimentsinriktad avverkning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning
och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--8--SE.
- 9 Olofsson, C. Mångbruk i ett landskapsperspektiv - En fallstudie på MoDo Skog AB,
Örnsköldsviks förvaltning. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogs-
indelning. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 10 Andersson, H. Taper curve functions and quality estimation for Common Oak
(*Quercus Robur* L.) in Sweden. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och
skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--10--SE.
- 11 Djurberg, H. Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. - En
bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i
leveransprognoser till sågverk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och
skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE.
- 12 Bredberg, J. Skattning av ålder och andra beståndsvariabler- en fallstudie baserad på
MoDo:s indelningsrutiner. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning.
ISRN SLU-SRG-AR--12--SE.
- 13 Gunnarsson, F. On the potential of Kriging for forestmanagement planning. Examensarbete i
ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--13--SE.
- 16 Tormalm, K. Implementering av FSC-certifiering av mindre enskilda markägares
skogsbruk. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och skogsindelning.
ISRN SLU-SRG-AR--16--SE.
- 1997 17 Engberg, M. Naturvärden i skog lämnad vid slutavverkning. - En inventering av upp
till 35 år gamla förnygringsytor på Sundsvalls arbetsomsåde, SCA. Examensarbete i
ämnet skogsuppskattning och skogsindelning. ISRN-SLU-SRG-AR--17--SE.
- 20 Cedervind, J. GPS under krontak i skog. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning
och skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--20--SE.
- 27 Karlsson, A. En studie av tre inventeringsmetoder i slutavverkningsbestånd.
Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--27--SE.
- 1998 31 Bendz, J. SÖDRAs gröna skogsbruksplaner. En uppföljning relaterad till SÖDRAs
miljömål, FSC's kriterier och svensk skogspolitik. Examensarbete.
ISRN SLU-SRG-AR--31--SE.
- 33 Jonsson, Ö. Trädsikt och ståndortsförhållanden i strandskog. - En studie av tre bäckar
i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--33--SE.
- 35 Claesson, S. Thinning response functions for single trees of Common oak (*Quercus*
Robur L.) Examensarbete. ISRN SLU-SEG-AR--35--SE.

- 36 Lindskog, M. New legal minimum ages for final felling. Consequences and forest owner attitudes in the county of Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--36--SE.
- 40 Persson, M. Skogsmarksindelningen i gröna och blå kartan - en utvärdering med hjälp av riksskogstaxeringens provytor. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--40--SE.
- 41 Eriksson, F. Markbaserade sensorer för insamling av skogliga data - en förstudie. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--41--SE.
- 45 Gessler, C. Impedimentens potentiella betydelse för biologisk mångfald. - En studie av myr- och bergimpediment i ett skogslandskap i Västerbotten. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--45--SE.
- 46 Gustafsson, K. Långsiktsplanering med geografiska hänsyn - en studie på Bräcke arbetsområde, SCA Forest and Timber. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--46--SE.
- 47 Holmgren, J. Estimating Wood Volume and Basal Area in Forest Compartments by Combining Satellite Image Data with Field Data. Examensarbete i ämnet Fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--47--SE.
- 49 Härdelin, S. Framtida förekomst och rumslig fördelning av gammal skog. - En fallstudie på ett landskap i Bräcke arbetsområde. Examensarbete SCA. ISRN SLU-SRG-AR--49--SE.
- 1999 55 Imamovic, D. Simuleringsstudie av produktionskonsekvenser med olika miljömål. Examensarbete för Skogsstyrelsen. ISRN SLU-SRG-AR--55--SE
- 62 Fridh, L. Utbytesprognoser av rotstående skog. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--62--SE.
- 2000 67 Jonsson, T. Differentiell GPS-mätning av punkter i skog. Point-accuracy for differential GPS under a forest canopy. ISRN SLU-SRG-AR--67--SE.
- 71 Lundberg, N. Kalibrering av den multivariata variabeln trädslagsfördelning. Examensarbete i biometri. ISRN SLU-SRG-AR--71--SE.
- 72 Skoog, E. Leveransprecision och ledtid - två nyckeltal för styrning av virkesflödet. Examensarbete i skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--72--SE.
- 74 Johansson, L. Rotröta i Sverige enligt Riksskogstaxeringen. Examensarbete i ämnet skogsindelning och skogsuppskattning. ISRN SLU-SRG-AR--74--SE.
- 77 Nordh, M. Modellstudie av potentialen för renbete anpassat till kommande slutavverkningar. Examensarbete på jägmästarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--77--SE.
- 78 Eriksson, D. Spatial Modeling of Nature Conservation Variables useful in Forestry Planning. Examensarbete. ISRN SLU-SRG-AR--78--SE.

- 81 Fredberg, K. Landskapsanalys med GIS och ett skogligt planeringssystem. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--81--SE.
- 83 Lindroos, O. Underlag för skogligt länsprogram Gotland. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--83--SE
- 84 Dahl, M. Satellitbildsbaserade skattningar av skogsområden med röjningsbehov. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--84--SE.
- 85 Staland, J. Styrning av kundanpassade timmerflöden - Inverkan av traktbankens storlek och utbytesprognosens tillförlitlighet. Examensarbete i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--85--SE.
- 2002 92 Bodenheim, J. Tillämpning av olika fjärranalysmetoder för urvalsförfarandet av ungskogsbestånd inom den enkla älgbetesinventeringen (ÄBIN). Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--9--SE.
- 95 Sundquist, S. Utveckling av ett mått på produktionsslutenhet för Riksskogstaxeringen. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skoglig resursanalys. ISRN SLU-SRG-AR--95--SE.
- 98 Söderholm, J. De svenska skogsbolagens system för skoglig planering. *The planning system of Swedish forest companies*. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--98--SE.
- 99 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 1. Fallstudie av fastighetsgränsernas lägesnoggrannhet på fastighetskartan. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skogshushållning med inriktning skoglig planering. ISRN SLU-SRG--AR--99--SE.
- 100 Nordin, D. Fastighetsgränser. Del 2. Instruktion för gränsvård. Examensarbete på skogliga magisterprogrammet i ämnet skogshushållning med inriktning skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--100--SE.
- 101 Nordbrandt, A. Analyser med Indelningspaketet av privata skogsfastigheter inom Norra Skogsägarnas verksamhetsområde. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SRG-AR--101--SE.
- 2003 102 Wallin, M. Satellitbildsanalys av gremmeniellaskador med skogsvårdsorganisationens system. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet fjärranalys. ISRN SLU-SRG-AR--102--SE.
- 103 Hamilton, A. Effektivare samråd mellan rennärning och skogsbruk - förbättrad dialog via ett utvecklat samrådsförfarande. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skogshushållning. ISRN SLU-SRG-AR--103--SE.

- 104 Hajek, F. Mapping of Intact Forest Landscapes in Sweden according to Global Forest Watch methodology. MSc Thesis in forest Resource management, specialization in remote sensing. ISRN SLU-SRG-AR--104--SE.
- 105 Anerud, E. Kalibrering av ståndortsindex i beståndsregister - en studie åt Holmen Skog AB. Examensarbete på skogsvetarprogrammet i ämnet skoglig planering. ISRN SLU-SEG-AR--105--SE.

Internationellt:

- 1998 39 Sandewall, Ohlsson, B & Sandewall, R.K. People's options on forest land use - a research study of land use dynamics and socio-economic conditions in a historical perspective in the Upper Nam Nan Water Catchment Area, Lao PDR. ISRN SLU-SRG-AR--39--SE.
- 44 Sandewall, M., Ohlsson, B., Sandewall, R.K., Vo Chi Chung, Tran Thi Binh & Pham Quoc Hung. People's options on forest land use. Government plans and farmers intentions - a strategic dilemma. ISRN SLU-SRG-AR--44--SE.
- 48 Sengthong, B. Estimating Growing Stock and Allowable Cut in Lao PDR using Data from Land Use Maps and the National Forest Inventory (NFI). Master thesis. ISRN SLU-SRG-AR--48--SE.
- 1999 60 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning - proceedings from a training workshop in Vietnam and Lao PDR, April 12-30, 1999. Edited by Mats Sandewall ISRN SLU-SRG-AR--60--SE.
- 2000 80 Sawathvong, S. Forest Land Use Planning in Nam Pui National Biodiversity Conservation Area, Lao P.D.R. ISRN SLU-SRG-AR--80--SE.
- 2002 97 Inter-active and dynamic approaches on forest and land-use planning in Southern Africa. -proceedings from a training workshop in Botswana, December 3-17, 2001. Edited by Mats Sandewall. ISRN SLU-SRG-AR--97--SE.